



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Maestría en Economía

Elección de modo de transporte urbano en la ciudad de Cuenca. Estimación de demanda aplicando un experimento de elección de preferencias declaradas

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en Economía

**Autor:**

Edwin Paúl Feijoo Criollo

**CI:** 0104962204

**Correo electrónico:** gfp02@hotmail.com

**Director:**

Sartori, Juan José Pompilio

**CI:** 22.090.149

**Cuenca, Ecuador**

06-octubre-2021

## Resumen:

En este estudio se realizó una encuesta de preferencias declaradas con un diseño experimental D-eficiente utilizando el software Ngene, a una muestra representativa de la ciudad de Cuenca-Ecuador, para un viaje desde el hogar ya sea al lugar de trabajo o al centro de estudios, para lo cual se seleccionaron aleatoriamente ocho parroquias urbanas, a su vez, de cada parroquia seleccionada se eligieron sectores de manera aleatoria para la aplicación de la respectiva encuesta.

Luego, con los datos conductuales recogidos se estimaron, mediante el software BIOGEME (Bierlaire, 2003, 2009), ocho modelos de elección discreta, de los cuales, las mejores especificaciones resultaron ser el modelo Logit Multinomial (LMN) y Logit Anidado con los que se obtuvo evidencia de que para un día sin lluvia el valor de los ahorros de tiempo de viaje estaría entre \$2,40/hora (MNL) y \$0,60/hora (NL); el valor de los ahorros de tiempo de espera fue de \$1,80/hora (MNL y NL) y el valor de los ahorros por cuadra caminada estaría entre \$0,27/cuadra (MNL) y \$0,22/cuadra (NL); mientras que para un día con lluvia el valor de los ahorros de tiempo de viaje estaría entre \$4,20/hora (MNL) y \$6,60/hora (NL); el valor de los ahorros de tiempo de espera sería de \$3,60/hora (MNL) y \$6,00 (NL) y el valor de los ahorros por cuadra caminada estaría entre \$0,59/cuadra (NL) y \$0,39/cuadra (MNL). Además, se evidencia que hogares que en promedio tienen ingresos mensuales altos, entre \$1001-\$3000 o más, valoran entre 83% y 91% más su tiempo de viaje; entre 40% y 53% más su tiempo de espera y entre 10% y 43% más sus cuadras caminadas en un día sin lluvia y con lluvia respectivamente. Los resultados válidos tanto para realizar la valoración de los atributos de servicio de transporte, como para hacer predicciones o inferencias son los reportados por el modelo Logit Anidado (NL), ya que este relaja algunos de los supuestos restrictivos del modelo Logit Multinomial (MNL); sin embargo, se presentan los resultados de los dos modelos con fines comparativos.

En el análisis de escenarios de política pública se encuentra que si la Dirección de Gestión de Movilidad planifica impulsar el uso del tranvía como columna vertebral del sistema de movilidad en Cuenca un incremento en su tarifa podría no ser la vía más adecuada, pues provocaría una disminución sustancial de su demanda que podría hacer no sostenible la explotación de este servicio, además si se desea impulsar la demanda de buses, una disminución en el tiempo de espera de bus generaría un notable aumento de su demanda debiéndose aumentar la capacidad del sistema para hacer frente a la demanda esperada; de la misma forma, si se decide aumentar el costo de viaje de los buses habría un efecto sustitución desde los buses hacia el tranvía. Así mismo, si se desea mitigar la demanda de vehículos privados, aumentos en los costos de estacionamiento y costos de viaje como impuestos al rodaje junto a mejoras de variables de servicio como menores tiempos de viaje o de espera de transporte público, vinculado con la reducción de frecuencias de servicio de buses y una adecuada red vial en Cuenca en el modelo de demanda de transporte estimado, podrían resultar políticas públicas eficientes para democratizar el espacio público y reducir la congestión, obteniendo de esta forma beneficios económicos sociales en la reducción del tiempo de viaje de los usuarios. De esta manera se obtiene evidencia empírica de que la sensibilidad de los usuarios actuales o potenciales de los diferentes modos de transporte urbano cambia significativamente ante variaciones en las variables de nivel de servicio de los diferentes modos de transporte.

**Palabras clave:** Diseño experimental D-eficiente. Encuesta de preferencias declaradas. Valor de los ahorros de tiempo. Escenarios de política pública.

**Abstract:**

In this study a stated preference survey was conducted with a D-efficient experimental design using Ngene software, to a representative sample of the city of Cuenca-Ecuador, for a trip from home either to the workplace or to the study center, for which eight urban parishes were randomly selected, in turn, from each selected parish sectors were randomly chosen for the application of the respective survey.

Then, with the behavioral data collected, eight discrete choice models were estimated using BIOGEME software (Bierlaire, 2003, 2009), of which the best specifications were the Multinomial Logit model (LMN) and the Nested Logit model, with which evidence was obtained that for a day without rain the value of travel time savings would be between \$2.40/hour (MNL) and \$0.60/hour (NL); the value of wait time savings was \$1.80/hour (MNL and NL) and the value of savings per block walked would be between \$0.27/block (MNL) and \$0.22/block (NL); while for a day with rain the value of travel time savings would be between \$4.20/hour (MNL) and \$6.60/hour (NL); the value of waiting time savings would be between \$3.60/hour (MNL) and \$6.00 (NL) and the value of savings per block walked would be between \$0.59/block (NL) and \$0.39/block (MNL). In addition, it is evident that households that on average have high monthly incomes, between \$1001-\$3000 or more, value between 83% and 91% more their travel time; between 40% and 53% more their waiting time and between 10% and 43% more their blocks walked on a non-rainy and rainy day respectively. The valid results for both the valuation of transportation service attributes and for making predictions or inferences are those reported by the Nested Logit (NL) model, since it relaxes some of the restrictive assumptions of the Multinomial Logit (MNL) model; however, the results of the two models are presented for comparative purposes.

In the analysis of public policy scenarios, it is found that if the Directorate of Mobility Management plans to promote the use of the tramway as the backbone of the mobility system in Cuenca, a fare increase may not be the most appropriate way, since it would cause a substantial decrease in demand, which could make the operation of this service unsustainable; moreover, if it is desired to boost the demand for buses, a decrease in bus waiting time would generate a significant increase in demand and the system's capacity would have to be increased to meet the expected demand; Likewise, if it is decided to increase the cost of bus travel, there would be a substitution effect from buses to the streetcar. Likewise, if it is desired to mitigate the demand for private vehicles, increases in parking costs and travel costs such as road taxes together with improvements in service variables such as reduced travel times or waiting times for public transport, linked to the reduction of bus service frequencies and an adequate road network in Cuenca in the estimated transport demand model, could result in efficient public policies to democratize public space and reduce congestion, thus obtaining social economic benefits in the reduction of travel time of users. In this way, empirical evidence is obtained that the sensitivity of current or potential users of the different modes of urban transport changes significantly in response to variations in the level of service variables of the different modes of transport.

**Key words:** D-efficient experimental design, stated preference survey, value of time savings, public policy scenarios.



## Índice del Trabajo

INTRODUCCIÓN.....	5
I. MARCO TEÓRICO .....	8
II. METODOLOGÍA.....	12
II.1 Diseño de experimento de elección.....	12
II.2 Método de muestreo .....	17
II.2.1 Muestra objetivo .....	17
II.2.2 Marco Econométrico .....	21
II.2.2.1 Modelo Logit Multinomial .....	21
II.2.2.2 Modelo Logit Mixto.....	22
II.2.2.3 Modelo Logit Anidado .....	24
III. RESULTADOS Y ESTIMACIONES .....	27
III.1. Estimación de los modelos y análisis de los resultados.....	28
III.2. Análisis de escenarios y cálculo de elasticidades con el modelo de elección de modo de transporte.....	36
IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	39
V. CONCLUSIONES.....	46
VI. REFERENCIAS.....	49
ANEXOS .....	54
Anexo A .....	54
Anexo B .....	54
Anexo C .....	55
Anexo D .....	55
Anexo E .....	56
Anexo F .....	57
Anexo G .....	58
Sintaxis Ngene .....	58
Resultados de prueba piloto .....	58
Georreferenciación de los hogares encuestados .....	58
Anexo H .....	58
Anexo I.....	60
Resultados de los modelos.....	60
Resultados de los escenarios de modelos MNL y NL para un día sin y con lluvia.....	60



**Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional**

---

Edwin Paúl Feijoo Criollo en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: "ELECCIÓN DE MODO DE TRANSPORTE URBANO EN LA CIUDAD DE CUENCA. ESTIMACIÓN DE DEMANDA APLICANDO UN EXPERIMENTO DE ELECCIÓN DE PREFERENCIAS DECLARADAS", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 06 de octubre de 2021

Edwin Paúl Feijoo Criollo

C.I: 010496220-4



### Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Edwin Paúl Feijoo Criollo, autor del trabajo de titulación "ELECCIÓN DE MODO DE TRANSPORTE URBANO EN LA CIUDAD DE CUENCA. ESTIMACIÓN DE DEMANDA APLICANDO UN EXPERIMENTO DE ELECCIÓN DE PREFERENCIAS DECLARADAS", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 06 de octubre de 2021

Edwin Paúl Feijoo Criollo

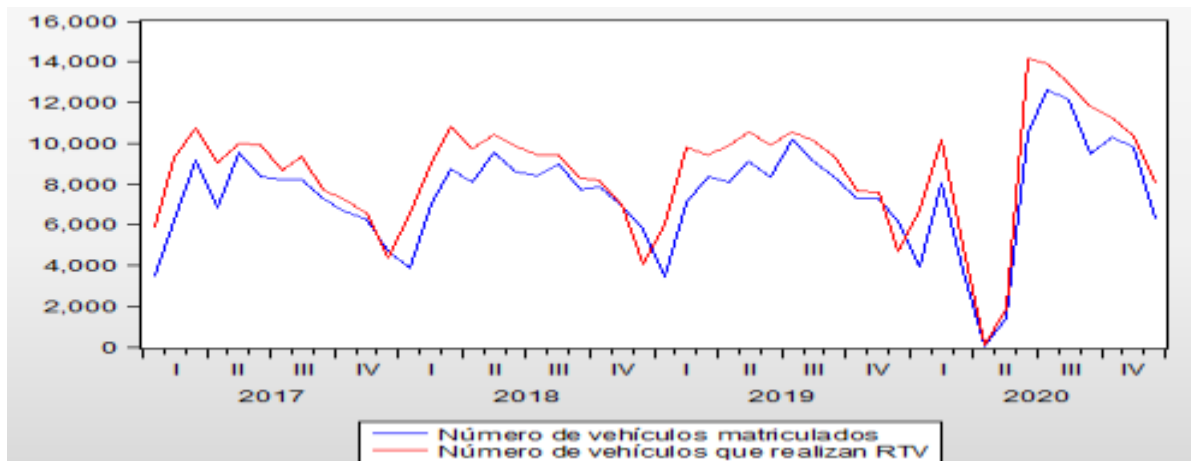
C.I: 010496220-4

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el aumento del parque automotor y el indiscriminado deseo de usarlos, por razones de comodidad o estatus, especialmente en los países en desarrollo, causan impactos negativos en la congestión, tanto inmediatos como de largo plazo, lo cual, exige esfuerzos multidisciplinarios para mantenerlo bajo control, mediante el diseño de políticas y medidas apropiadas (CEPAL, 2013). Considerando los efectos que provocan las variables determinantes de la demanda de los servicios de transporte; de este problema no escapa la ciudad de Cuenca – Ecuador, como se puede apreciar en la Figura 1 y Tabla 1 según datos de la EMOV EP (2020) en los últimos 4 años (del 2017 al 2020) la cantidad de vehículos matriculados, se han incrementado en un 4,07%, pasando de 84.888 a 88.344 vehículos matriculados, mientras que los vehículos que han realizado la Revisión Técnica Vehicular (RTV) se han incrementado en un 7,49%, pasando de 98.819 a 106.221 aumentando en 3,84% la tasa de no matriculados, ya que en el año 2017 hubieron 13.931 (16,41%) vehículos que han realizado el proceso de RTV pero no han logrado matricularlos y en el año 2020 han habido 17.877 (20,24%) vehículos, que tiene intenciones de ingresar a ser parte del parque automotor, lo cual ha contribuido a aumentar la congestión y polución en la ciudad de Cuenca.

**Figura 1**

*Vehículos matriculados Vs vehículos que han realizado RTV en la ciudad de Cuenca*



*Nota.* La figura 1 muestra los vehículos matriculados vs vehículos que han realizado la Revisión Técnica Vehicular (RTV) en la ciudad de Cuenca durante los periodos 2017-2020. Fuente: EMOV EP (2020)



**Tabla 1***Cantidad de vehículos en la ciudad de Cuenca año 2017 y 2020*

<b>Años</b>	<b>Cantidad de vehículos matriculados</b>	<b>Cantidad de Vehículos que han realizado RTV</b>	<b>Porcentaje de vehículos que han realizado RTV con respecto al total de vehículos matriculados</b>
2017	84.888	98.819	16,41%
2020	88.344	106.221	20,24%

*Nota.* La tabla muestra los vehículos matriculados vs vehículos que han realizado la Revisión Técnica Vehicular (RTV) estos últimos con sus respectivos porcentajes, en la ciudad de Cuenca durante los periodos 2017 y 2020. Fuente: EMOV EP (2020)

Aunque no existen datos para Cuenca en materia de elección de transporte, es decir, desde la demanda, el único estudio que se encuentra desde la oferta fue realizado por la Alcaldía Municipal, se trata del denominado Plan de Movilidad y Espacios Públicos, en adelante PMEP (2015). Según PMEP (2015) las principales razones para sustituir el auto privado tienen que ver con la salud (28%), tráfico (26%), aparcamiento (8%) y conciencia ambiental (6%); las personas que dejarían el auto, pasarían a los modos de bicicleta (33%), bus (30%) y caminar (23%) principalmente. Del mismo modo, la movilidad urbana de Cuenca supone alrededor de 600.000 viajes con origen y destino al interior de la ciudad, de estos el 69% son viajes motorizados, y el 31% son peatones y ciclistas encontrándose que el bus y el auto ocupan la primera y segunda prioridad, desplazarse por la ciudad caminando es la tercera opción preferida, el taxi es la cuarta y por último el uso de bicicleta y moto.

Referente al transporte público, en la ciudad de Cuenca existen 475 buses urbanos dando servicio con una tarifa de \$0,30 (Consejo Cantonal de Cuenca, 2018); como complemento a este modo de transporte el 5 de mayo del 2020 entro en funcionamiento el “Tranvía 4 Ríos” con un recorrido de 21 kilómetros entre ida y vuelta y una tarifa de: USD 1 con boleto (turistas); USD 0,50 tarifa preferencia con boleto; USD 0,35 tarifa normal mediante tarjeta; USD 0,30 tarifa normal multiviaje mediante tarjeta (mínimo cinco viajes); USD 0,17 tarifa preferencial normal mediante tarjeta; USD 0,15 tarifa preferencial multiviaje mediante tarjeta USD 1,75 valor de la tarjeta (Primicias, 2020). Como modos de transporte público sustentables se tienen 20 estaciones alrededor de la ciudad en donde se ofrecen 240 bicicletas públicas, con diferentes tipos de membresías, con un costo de inscripción de \$3,00 USD; costo por viaje \$0.25 USD; costo por día \$10,00 USD; costo por 3 meses \$15,00 USD o costo por un año \$30,00 USD PMEP (Pág. 203). Como modos de transporte privado que da servicio público existen 3.553 unidades de taxi formales con 4.3% de participación en la movilidad total cobrando una Tarifa Diurna (06:00 a



21:00): carrera mínima de \$1,39 con una tarifa de arranque de \$ 0,55; mientras que, la Tarifa Nocturna (21:01 a 05:59): Carrera Mínima de \$1,67 con una tarifa de arranque de \$ 0,55; el kilómetro de recorrido en el día cuesta \$ 0,29 y en la noche cuesta \$0,39 y del tiempo de espera es de \$ 0,06 PMEP (Pág. 166). La necesidad de introducir nuevos enfoques a la solución del modelo de ciudad compacta hace que la vinculación entre diseño urbano, espacio público y transporte sea inevitable y urgente. Por toda esta evidencia, la ciudad de Cuenca debe recibir un fuerte impulso en la nueva configuración del sistema de transporte público, donde autobuses, tranvía y automóviles se optimicen y convivan pacíficamente con miras a tener una ciudad más sostenible y sustentable en el tiempo.

Desde la perspectiva económica, las causas y soluciones en materia de transporte deben ser eficientes teniendo en cuenta el óptimo bienestar social, implicaciones macroeconómicas y microeconómicas del sector en la economía, externalidades generadas por la actividad, oferta y elección entre distintas alternativas de movilización, valor subjetivo del tiempo, costos de regulación y fijación de precios asociados al servicio.

De esta forma, el propósito de esta investigación está vinculado al principio fundamental de la economía de transporte el cual es realizar estudios del sector, con un enfoque económico positivo, para comprender la dinámica que gira en torno al transporte y de esta manera trascender hacia la perspectiva normativa, para entender y abordar el problema de dicho sector, y así ayudar a tomar decisiones acertadas; buscando generar políticas en esta importante actividad para la economía. La idea básica en cualquier esfuerzo para estimar la demanda de transporte es averiguar los factores que influyen en las decisiones de los usuarios y obtener datos adecuados para así anticipar en cierta medida las reacciones de estos usuarios, a los cambios en estos factores de decisión (Moreno Quintero, 2011).

En Cuenca la planificación de tránsito y transporte no incorpora el análisis de la demanda basado en estimaciones econométricas que permitan pronosticar la reacción de la demanda ante cambios en los atributos (o niveles de servicio) de los diferentes modos de transporte. De esta manera, aunque en este proceso de planificación puede reconocerse de manera subjetiva y cualitativa que algunas políticas a implementar podrán influir en la demanda de los diferentes modos de transporte y para diferentes motivos de viaje, no existen estimaciones que permitan cuantificar los efectos de tales políticas. De esta forma, el objetivo del presente estudio es generar indicios del comportamiento de la demanda, para la ciudad de Cuenca, como una forma de contribuir al análisis y solución de la problemática actual de transporte, utilizando un experimento de preferencias declaradas eficiente, mediante datos conductuales recogidos de una muestra de hogares representativa, lo cual mediante modelos de elección discreta permitirá obtener la valoración subjetiva de factores de servicio en el ámbito de transporte como son: tiempos de viaje, tiempos de espera y cuerdas caminadas o recorridas, elasticidades.

El artículo se organizará de la siguiente manera. En la sección I se presentará el marco

teórico económico. En la sección II se presentará la metodología. A continuación, en la sección III se presentarán los resultados de la estimación econométrica, en la sección IV se presenta la discusión de los resultados. Finalmente, en la sección V se expondrán las conclusiones más sobresalientes del estudio y las futuras líneas de investigación.

## I. MARCO TEÓRICO

Esta investigación pretende estimar y pronosticar la demanda de viajes al trabajo o al lugar de estudios en los distintos modos de transporte en el contexto urbano para la ciudad de Cuenca-Ecuador. El marco de referencia conceptual basado en la teoría económica de la demanda se asienta en la teoría de la elección del consumidor. El proceso de elección del consumidor se resume en el [anexo A](#).

La base teórica de los modelos de elección discreta contiene elementos de la teoría microeconómica del comportamiento del consumidor, la cual sostiene que el bien por sí mismo no otorga utilidad al consumidor, ya que son sus características las que generan utilidad, cada bien posee algunas características que serán compartidas por varios bienes, de igual manera, la combinación de bienes podrá tener diferentes características de aquellas pertenecientes a los bienes por separado (véase [anexo B](#)). Esta teoría implica predicciones que difieren de las de la teoría tradicional, y las predicciones de esta nueva teoría parecen ajustar mejor a las realidades del comportamiento del consumidor (Lancaster, 1966).

Tal como afirman (Mendieta & Perdomo, 2008), los modelos de demanda de transporte se enmarcan en los enfoques de las preferencias reveladas, preferencias declaradas o una combinación de ambas. En el caso en el que se tiene información de los viajes realizados por los usuarios y del tiempo invertido en el viaje, la estimación de la demanda se puede modelar a partir de la teoría de dualidad del consumidor. A este enfoque se le conoce con el nombre de preferencias reveladas. En el caso en el que un usuario solo puede decir si estaría dispuesto a viajar en un determinado medio de transporte, la estimación y especificación de la demanda requiere de modelos probabilísticos, este enfoque se conoce como el enfoque de preferencias declaradas. En los casos en los que se requiere estimar sistemas de demanda de transporte, en los que se tienen algunos medios de transporte que están en funcionamiento y otros que aún no, se puede usar información procedente de una combinación del enfoque de preferencias reveladas y de preferencias declaradas.

El método de las preferencias reveladas consiste en observar elecciones tomadas por las personas en una situación real. De esta forma, la principal ventaja es que se observa el comportamiento real de las personas, obteniendo información precisa sobre sus preferencias. Algunos ejemplos de fuentes de datos de preferencias reveladas son la Encuesta Origen-Destino realizada en el PMEP (2015) y estudios realizados por (González Marrero, Budría, & Ramos, 2012) y (García, 2005). A diferencia de los datos de PR, que entregan información sobre

los viajes que efectivamente realiza un individuo, los datos de PD informan sobre los viajes que el individuo realizaría si, por ejemplo, se introdujera un nuevo modo de transporte, se mejorase la calidad del servicio, se ofreciese una ruta alternativa más rápida, etc.

La elección del modo de transporte para realizar viajes al trabajo o al lugar de estudios ha sido ampliamente modelada en numerosos estudios aplicados a diversas ciudades del mundo (Train & McFadden, 1978; Ben-Akiva & Lerman, 1985; Ruud, 1996; Hensher D. A., 2001; Hensher & Reyes, 2000; Sartori J. J., 2006; Sartori & Oviedo, 2011; Sartori J. J., 2013). Apartir de la aplicación de modelos Logit Multinomial (LMN y otros modelos de valor extremo generalizado). La posibilidad de diseñar experimentos de PD permite, en principio, resolver algunos problemas que presentan las encuestas de PR (Ortúzar & Willumsen, Modelling Transport., 2001):

- Se puede ampliar el rango de variación hasta el nivel en el que existe un real compromiso entre las distintas alternativas consideradas en el diseño.
- En la construcción de los escenarios se puede evitar la existencia de correlación entre variables.
- Es posible incorporar tanto atributos como alternativas no disponibles en el momento del análisis.
- Se puede aislar el efecto de un determinado atributo, así como considerar variables latentes.
- El conjunto de elección se puede preespecificar.
- En el diseño, se pueden evitar los errores de medición de las variables de nivel de servicio (variables independientes revelan la decisión hipotética del consumidor).
- Permite obtener un gran volumen de datos a un costo relativamente bajo.

La ciudad de Cuenca no cuenta con una base de datos que revele el número de viajes realizados por *individuo* ni el tiempo empleado en cada uno de ellos. Con datos de una encuesta de origen y destino podrían obtenerse datos de preferencias reveladas y habría que realizar mediciones adicionales de algunos atributos de los diferentes medios de transporte (tiempo de viaje, costo de viaje, cuerdas caminadas, etc). Es sabido que esto introduciría posibles errores de medición en las variables explicativas de los modelos a estimar. Además, utilizando datos de preferencias reveladas el rango de variación de algunos atributos podría ser muy estrecho o incluso nulo, imposibilitando la estimación de la sensibilidad de la demanda a cambios en ese atributo, como serían, por ejemplo, las tarifas del transporte público. Considerando las razones que justifican el uso de PD para resolver algunos problemas del uso de datos de PR se ha optado por implementar la estimación de la demanda con datos de PD.

En el presente estudio se pretende indagar a los usuarios acerca de cuál es el medio que elegirían con más frecuencia en diferentes escenarios de elección. Esto ubica a la investigación

en el campo de las preferencias declaradas, ya que el individuo deberá elegir solo un modo entre ocho diferentes en cada uno de los escenarios de elección que serán presentados. Entonces, este análisis de la demanda de transporte de los cuencanos se enmarca, claramente, en los modelos de elección discreta, donde el modelado de las elecciones se extiende hacia un contexto de probabilidad y para realizar las estimaciones econométricas correspondientes se aplica al teoría de la utilidad aleatoria. Estos modelos no pronostican la opción elegible por el viajero que toma la decisión, sino que permiten calcular las probabilidades de elegir cada una de las distintas opciones o alternativas de elección (Moreno Quintero, 2011).

La mayoría de los modelos de elección discreta parten de la Teoría de la Utilidad Aleatoria (Domencich & McFadden, 1975) donde el individuo  $q$  asocia a cada alternativa ( $i$ ) una utilidad de tipo estocástico ( $U_{iq}$ ), eligiendo la alternativa que maximiza su utilidad. La imposibilidad de apreciar todos los atributos y variaciones en los gustos que rigen el comportamiento de los individuos, así como los errores de medición, hacen necesario considerar que la utilidad es la suma de dos componentes diferenciados:

$$W_{iq} = V_i(Q_{iq}, S_q) + \varepsilon(Q_{iq}, S_q) = U_{iq} + r_{iq} \quad (1)$$

Donde  $V_{iq}$  es el componente determinístico de la utilidad aleatoria que es función de los atributos medibles<sup>1</sup>,  $\eta_{iq}$  es el error ideosincrático que representa los gustos individuales y  $r_{iq}$  es el error de medición en la variable dependiente, el cual puede representar la fatiga de los encuestados. Asumiendo que  $r_{iq}$  es homoscedástico la ecuación resultante es:

$$U_{iq} = V_{iq} + (\eta_{iq} - r_{iq}) \rightarrow U_{iq} = V_{iq} + \varepsilon_{iq} \quad (2)$$

Como señala (Ortúzar & Willumsen, Modelling Transport, 1995) para que la composición sea adecuada, es necesario que todos los ciudadanos encuestados enfrenten el mismo conjunto de alternativas. De acuerdo con la teoría de la maximización de la utilidad, el individuo  $q$  elige la alternativa  $i$  siempre y cuando la utilidad de esta alternativa sea mayor que la asociada a cualquiera de las restantes  $j$ , pertenecientes al conjunto de alternativas disponibles para el individuo  $q$  ( $A(q)$ ):

$$U_{iq} \geq U_j, \quad \forall j \in A(q), \quad i \neq j \quad (3)$$

es decir,

$$V_{iq} + \varepsilon_{iq} \geq V_{jq} + \varepsilon_{jq} \rightarrow V_{iq} - V_{jq} \geq \varepsilon_{jq} - \varepsilon_{iq} \quad (4)$$

---

<sup>1</sup> La función de utilidad utilizada en los modelos de demanda de transporte ha incluido tradicionalmente como variables explicativas la renta del individuo, el tiempo del viaje y el costo del mismo (Train & McFadden, 1978).

Dado que no se conoce  $(\varepsilon_{jq} - \varepsilon_{iq})$ , sólo se puede plantear la probabilidad de que ocurra (4). De este modo, la probabilidad de escoger la alternativa  $i$  viene dada por:

$$P_{iq} = \text{Pro}\{\varepsilon_{jq} \leq \varepsilon_{iq} + (V_{iq} - V_{jq}), \forall j \in A(q)\} \quad (5)$$

Los residuos,  $\varepsilon$ , son variables aleatorias con media cero, que darán lugar a distintos modelos probabilísticos dependiendo de la distribución estadística que se considere. Frecuentemente, la expresión que se adopta para el componente determinístico de la utilidad es una función lineal en los atributos y en los parámetros, es decir:

$$V_{iq} = CEA_{iq} + \sum_{k=1}^K \beta_{ki} x_{kqi} \quad (6)$$

Siendo  $x_{kqi}$  el valor que toma el atributo  $k$ -ésimo para el individuo  $q$  y  $\beta_{ki}$  el parámetro ligado a dicho atributo, que se considera constante para todos los individuos<sup>2</sup>.

A priori, en la función estimada de utilidad se esperaría que a medida que aumentan atributos de servicio de transporte como el tiempo de viaje, el costo del viaje, el tiempo de espera y cuerdas caminadas del servicio de transporte considerado, la utilidad del individuo disminuya, provocando una disminución de la probabilidad de elección de la alternativa cuyo costo o tiempo ha aumentado, pues la vuelve menos atractiva (Sartori J. P., 2006).

Sin embargo, los métodos de preferencias declaradas incluyen determinados sesgos que habrá que considerar y tratar de minimizar, pues podrían existir diferencias entre lo que los individuos declaran que harían en una situación hipotética y lo que realmente harán si ésta se presenta (errores aleatorios); las decisiones pueden estar influenciadas por algunos factores adicionales como: experiencias previas (errores no aleatorios); interacción entre el encuestador y los encuestados; expresar las preferencias que se creen que el encuestador desea recibir (sesgo de afirmación); racionalizando el comportamiento habitual, disonancia cognitiva (Ortúzar J., 2000); con el fin de influir en las decisiones o políticas; respuestas irreales si no considera las restricciones prácticas de su comportamiento y puede existir sesgo de no respuesta, común a cualquier tipo de encuesta.

Todos estos sesgos implican la posible existencia de errores de medición de la variable dependiente (la elección). Los experimentos de preferencias reveladas, sin embargo, poseen la posibilidad de error de medición en las variables independientes. En efecto, estas limitaciones han sido consideradas y mitigadas lo más posible con la organización de las encuestas y el uso de métodos de diseño experimental que aseguraron que las variaciones en los atributos de las opciones presentadas al usuario fueran estadísticamente independientes unas de otras. El

---

<sup>2</sup> Este supuesto de coeficientes fijos ha sido la aproximación que tradicionalmente se ha utilizado para derivar los valores subjetivos del tiempo de los individuos.

modelo *secuencial de cuatro etapas* es el modelo de transporte más utilizado, este modelo hace referencia al nexo existente entre las decisiones de viajar (generación de viajes) hasta un destino específico (distribución de viajes) en un determinado modo de transporte (partición modal) por una ruta determinada (asignación), existiendo retroalimentación entre las etapas (Ortúzar & Willumsen, *Modelling Transport.* , 2001). La etapa de interés en el presente estudio es la partición modal. La partición modal es un indicador que muestra qué tipos de transporte utilizan los usuarios con respecto al número total de desplazamientos, esta información es esencial para proponer políticas de transporte, tales como: carpooling, cobro de estacionamientos en espacios públicos, sistemas masivos de transporte, impulso a la bicicleta pública y sistemas integrados de transporte (Gómez S, 2013).

De esta forma el diseño y la posterior encuesta de PD se realizaron con el objetivo de analizar la influencia de factores de servicio determinantes en la elección del modo de transporte. Teniendo en cuenta que se desea investigar si un usuario estaría dispuesto a viajar en un determinado medio de transporte en función a diferentes variables de servicio como el tiempo de viaje y de espera, costos de viaje y de estacionamiento y cuerdas caminadas, la estimación y especificación de la demanda requiere de modelos probabilísticos, los cuales a diferencia de los modelos de utilidad determinísticos consideran que podría haber limitaciones en la información utilizada para construir modelos de elección basados en el principio de maximización de la utilidad según (Horowitz, Koppelman, & Lerman, 1986).

## II. METODOLOGÍA

### II.1 Diseño de experimento de elección

En la realización del experimento de preferencias declaradas, se siguió tres pasos. En primer lugar, se determinaron las especificaciones de los modelos a utilizar con todos los parámetros que deben estimarse. A partir de estas especificaciones, se seleccionó un tipo de diseño experimental y, a continuación, se generó el diseño. Por último, se creó un cuestionario en Google Forms basado en el diseño experimental subyacente y se recogieron los datos.

Entre los distintos tipos de diseños experimentales se optó por utilizar un diseño eficiente, cuya principal virtud es obtener un menor número de situaciones de elección pues se seleccionarían niveles de atributos eficientes sobre todas las situaciones de elección para cada atributo, obteniendo de esta forma buenos resultados con un menor número de escenarios (6 en el presente caso) que los diseños factoriales completos y fraccionales y además no se necesitará dividir en bloques la cantidad de escenarios (ChoiceMetrics, 2018).

El diseño del experimento de elección de modo de transporte consideró ocho alternativas de elección: automóvil, motocicleta, taxi, autobús, tranvía, bicicleta pública, bicicleta privada y caminar. Los atributos considerados fueron: tiempo de viaje, costo de viaje, tiempo de espera para las alternativas de transporte público (taxi, autobús y tranvía), costos de

estacionamiento (para autos y motocicletas) y distancia de caminata en origen y destino (bus y tranvía). Todos los atributos se incorporaron como específicos para cada una de las alternativas. Esta investigación establece la matriz de diseño experimental de forma que cada columna represente un atributo diferente de cada modo de transporte (variables de servicio de transporte) dentro del experimento y cada fila representa una situación de elección diferente (entre los diferentes modos de transporte) (Bliemer & Rose, 2006; Bliemer & Rose, 2008).

La combinación de los distintos atributos y sus variaciones en tiempo y costo se realizó considerando la sugerencia de (Huber y Zwerina, 1996) y (ChoiceMetrics, 2018, pag. 94), que tiene que ver con el concepto de utilidad balanceada o equilibrada y el control de alternativas relevantes. Para entender mejor este concepto, consideremos dos situaciones de elección en un experimento de elección declarada no etiquetada en la que las alternativas de elección son genéricas y no están nominadas específicamente (véase Tabla 2).

**Tabla 2**

*Alternativa dominante en una situación de elección*

¿Qué ruta escogería en las siguientes situaciones?		
	1	2
	Ruta A	Ruta B
Tiempo de viaje	10min	15min
Costo de peaje	\$1	\$2
	2	1
	Ruta A	Ruta B
Tiempo de viaje	15min	10min
Costo de peaje	\$1	\$2

*Nota.* Datos tomados de (ChoiceMetrics, 2018, pag. 94)

En la primera situación de elección, la ruta A tiene tanto un tiempo de viaje como un costo de peaje menores, lo que la convierte claramente en la alternativa preferida (dominante), por lo que no se obtendrá ninguna información. Por el contrario, en la segunda situación de elección no hay una alternativa dominante clara y el encuestado enfrenta una situación donde existe un trade-off (o situación de compromiso) entre el tiempo de viaje y el costo del peaje, por lo que se obtendrá información válida para estimar los parámetros.

Luego, utilizando el software Ngene se obtuvieron los diseños eficientes, dados los niveles de atributos factibles para todos los modos de transporte, el número de situaciones de elección y dados los valores previos de los parámetros (o sus distribuciones de probabilidad), buscando determinar un diseño equilibrado o balanceado en niveles de los atributos que



minimice el error de eficiencia (D-error)<sup>3</sup>, mediante un algoritmo basado en columnas (RSC) que genera un diseño seleccionando niveles de atributos sobre todas las situaciones de elección para cada atributo y realizando operaciones de reetiquetado de niveles de atributos (relabeling), intercambio de lugares entre niveles de atributos (swapping) y/o intercambios cíclicos de niveles de los atributos (cycling). Este algoritmo es más flexible y se desenvuelve mejor con diseños más grandes<sup>4</sup> (véase [anexo C](#)).

La Tabla 3 presenta los atributos y niveles utilizados en el diseño del experimento de elección, el diseño se realizó con el software Ngene y la sintaxis se encuentra en el [anexo G](#).

El rango del nivel de atributos tendrá un impacto en las probabilidades de elección del diseño, ya que un rango demasiado amplio probablemente dará lugar a tareas de elección con alternativas dominadas (al menos para algunos atributos), mientras que un rango demasiado estrecho dará lugar a alternativas que son en gran medida indistinguibles. Los niveles de atributos que se mostraron a los encuestados se establecieron en este sentido obedeciendo a la premisa de equilibrio entre la preferencia estadística de un rango amplio y las consideraciones prácticas que pueden limitar el rango (Bliemer & Rose, 2009). En esta investigación todos los atributos tienen 3 niveles (teniendo en cuenta efectos no lineales), siendo el número mínimo de situaciones 6 (divisible entre 3) (ChoiceMetrics, 2018), también se produjeron cuatro diseños de experimentos para viajes urbanos de diferentes distancias, a saber: 2,5 km; 5 km; 7,5km y 10 km. Por lo tanto, los escenarios de elección presentados a cada uno de los entrevistados se corresponden con la distancia usual de viaje al trabajo o al lugar de estudios del entrevistado. También se consideró la disponibilidad de alternativas de transporte que poseía cada entrevistado.

---

<sup>3</sup> La medida de error más utilizada para comparar diseños de elección y decidir cuál es el más eficiente es el denominado D-error:

$$D - error = \det(\Omega)^{1/k}$$

Donde k es el número de parámetros a estimar,  $\Omega \left( \frac{\beta}{x} \right) = -I \left[ \left( \frac{\beta}{x} \right) \right]^{-1}$ , es la matriz de varianza-covarianza asintótica de las estimaciones máximo-verosimiles  $\hat{\beta}$ ,  $I \left( \frac{\beta}{x} \right)$  es la matriz de información de Fisher, X es la matriz del diseño del experimento.

<sup>4</sup> En algunos casos (para diseños no etiquetados y para diseños específicos como diseños restringidos), los algoritmos basados en filas son más adecuados (ChoiceMetrics, 2018, pag. 94).

**Tabla 3**

*Niveles de los atributos del experimento de elección*

Distancia de viaje del hogar al trabajo o al lugar de estudios:										2,5 km				Cuadras caminadas en origen y destino							
Modo de Transporte	Tiempo de viaje			Tiempo de espera			Costo de viaje			Costo de estacionamiento											
	(minutos)			(minutos)			(\$)			(\$)											
Auto	10	15	20				\$	1,25	\$	2,50	\$	3,00	\$	-	\$	3,00	\$	6,00			
Moto	10	15	20				\$	1,00	\$	1,25	\$	1,50	\$	-	\$	2,00	\$	4,00			
Taxi	10	15	20	5	10	15	\$	1,50	\$	2,00	\$	2,50									
Bus	15	20	25	10	20	30	\$	0,30	\$	0,60	\$	0,90							2	4	6
Tranvía	8	12	16	5	10	15	\$	0,30	\$	0,35	\$	0,40							2	4	6
Bicicleta Pública	16	20	24				\$	0,25	\$	0,60	\$	0,95							2	4	6

Distancia de viaje del hogar al trabajo o al lugar de estudios:										5 km				Cuadras caminadas en origen y destino							
Modo de Transporte	Tiempo de viaje			Tiempo de espera			Costo de viaje			Costo de estacionamiento											
	(minutos)			(minutos)			(\$)			(\$)											
Auto	22	25	28				\$	2,50	\$	5,00	\$	6,00	\$	-	\$	3,00	\$	6,00			
Moto	15	20	25				\$	2,00	\$	2,50	\$	3,00	\$	-	\$	2,00	\$	4,00			
Taxi	20	25	30	5	10	15	\$	2,00	\$	3,50	\$	5,00									
Bus	40	50	60	10	20	30	\$	0,30	\$	0,60	\$	0,90							2	4	6
Tranvía	15	18	21	5	10	15	\$	0,30	\$	0,35	\$	0,40							2	4	6
Bicicleta Pública	28	33	38				\$	0,25	\$	0,75	\$	1,25							2	4	6

*Nota.* La tabla muestra los niveles de atributos del experimento de elección en 2,5 km y 5km de distancia. Elaborado por el autor.

**Tabla 3**

*Niveles de los atributos del experimento de elección (Continuación)*

Distancia de viaje del hogar al trabajo o al lugar de estudios: 7,5 km													
Modo de Transporte	Tiempo de viaje (minutos)			Tiempo de espera (minutos)			Costo de viaje (\$)			Costo de estacionamiento (\$)			Cuadras caminadas en origen y destino (minutos)
Auto	25	30	35				\$ 4,00	\$ 7,00	\$ 10,00	\$ -	\$ 3,00	\$ 6,00	
Moto	20	25	30				\$ 3,00	\$ 5,00	\$ 4,00	\$ -	\$ 2,00	\$ 4,00	
Taxi	45	50	55	5	10	15	\$ 2,50	\$ 4,00	\$ 4,50				
Bus	45	50	55	10	20	30	\$ 0,30	\$ 0,60	\$ 0,90				2 4 6
Tranvía	16	18	20	5	10	15	\$ 0,35	\$ 1,00	\$ 1,75				2 4 6
Bicicleta Pública	35	40	45										2 4 6

Distancia de viaje del hogar al trabajo o al lugar de estudios: 10 km													
Modo de Transporte	Tiempo de viaje (minutos)			Tiempo de espera (minutos)			Costo de viaje (\$)			Costo de estacionamiento (\$)			Cuadras caminadas en origen y destino (minutos)
Auto	30	35	40				\$ 5,00	\$ 10,00	\$ 12,00	\$ -	\$ 3,00	\$ 6,00	
Moto	30	35	40				\$ 4,00	\$ 5,00	\$ 6,00	\$ -	\$ 2,00	\$ 4,00	
Taxi	30	35	40	5	10	15	\$ 3,00	\$ 5,00	\$ 7,00				
Bus	50	60	70	10	20	30	\$ 0,30	\$ 0,60	\$ 0,90				2 4 6
Tranvía	20	25	30	5	10	15	\$ 0,30	\$ 0,35	\$ 0,40				2 4 6
Bicicleta Pública	40	45	50				\$ 0,50	\$ 1,50	\$ 2,50				2 4 6

*Nota.* La tabla muestra los niveles de atributos del experimento de elección en 7,5 km y 10 km de distancia. Elaborado por el autor.



El rango de niveles de los atributos de todos los diseños según los km de recorrido, con base en el P MEP (2015) se estableció de la siguiente forma:

El tiempo de viaje al lugar de estudios o de trabajo, se consideró el tiempo promedio de viaje y haciéndolos variar  $\pm 20\%$ ; de la misma forma el tiempo de espera de taxi, bus y tranvía tomo como referencia el tiempo de espera promedio y una variación de alrededor de  $\pm 50\%$ ; en lo referente a costos, el costo de viaje tomo como referencia el costo de viaje promedio y una variación de alrededor de  $\pm 75\%$  y  $\pm 100\%$ ; de la misma forma el costo de estacionamiento para auto y moto, el cual tomo como referencia el costo de estacionamiento promedio y una variación de alrededor de  $\pm 100\%$ ; finalmente el atributo cuabras caminadas para bus, tranvía y bici pública tomo como referencia las cuabras caminadas promedio y una variación de alrededor de  $\pm 50\%$ .

## II.2 Método de muestreo

### II.2.1 Muestra objetivo

Para la estimación empírica de la demanda se ha determinado un tamaño muestral *mínimo* de 177 encuestas de preferencias declaradas para la muestra total realizada mediante muestreo aleatorio simple considerando como variable de interés de estudio a la proporción de viajes al trabajo o al lugar de estudio en bus, el cuál según la Encuesta de Matrices Origen-Destino de Hogares 2014, ascendió a 47% P MEP (2015), siendo este el modo de transporte que mayor porcentaje de uso ha tenido por estos motivos de traslado y que determinará el mayor valor para el mínimo tamaño muestral a implementar considerando las alternativas de elección existentes. Es decir, el tamaño muestral mínimo calculado considerando a esta variable de interés permitirá realizar inferencias para todas las alternativas de transporte consideradas. Por lo tanto, el tamaño muestral mínimo para una encuesta de preferencias declaradas de 6 escenarios (6 respuestas por cada individuo), se determina de la siguiente manera (Louviere, Hensher, & Swait, 2000):

$$n \geq \frac{1}{r} \frac{z^2 * p * q}{e^2}$$

$$n \geq \frac{1}{6} \frac{1,95996398^2 * 0,47 * (1 - 0,47)}{0,03^2} = \frac{1,063}{6} = 177$$

Donde:

**z:** es la inversa de la función de distribución normal acumulada para un nivel de confianza determinado.

**p:** porción de éxitos de la población (usuarios que optan por un determinado medio de transporte).

**q:** porción de fracasos de la población (usuarios que optan por otro medio de transporte).

**e:** error muestral admisible, en valor absoluto, de la variable de interés.

Considerando un error de muestreo del 0,03 en valor absoluto de la proporción y un 0,95 de nivel de confianza, y con 6 escenarios de elección. Con el objeto de obtener mayor diversidad de la información, lo cual permitirá tener una mayor representatividad del total poblacional de la zona urbana de Cuenca, la estrategia de muestreo propuesta para la obtención de información considera un muestreo por conglomerados en proporciones, primeramente, estratificando la población por área geográfica (urbana y rural), escogiendo la población urbana de Cuenca y clasificando los conglomerados en base a parroquias y eligiendo sectores.

Según datos proporcionados por el INEC, se tiene evidencia de que existen 771 sectores en las 16 parroquias urbanas (conglomerados). Una vez que se ha realizado la división en conglomerados, se eligen, a través del muestreo aleatorio simple, los conglomerados que componen la muestra, las parroquias urbanas, con sus respectivas zonas y sectores que fueron escogidas para la prueba piloto y sus resultados se encuentran en el [anexo G](#).

En los resultados de la prueba piloto se obtuvo que el tamaño de la muestra representativa del área urbana de Cuenca es de 8 sectores a encuestar. Para lo cual se seleccionaron 8 de las 16 parroquias urbanas existentes, luego de cada una de ellas se eligió aleatoriamente un sector específico, verificando el número total de hogares existentes en cada sector<sup>5</sup> para la realización de la encuesta, con el fin de obtener mayor diversidad de información y representatividad de la población y para evitar problemas de sesgo de información se realizaron las encuestas al 50% del total de hogares de cada sector, dadas las características similares de los hogares que se encuentran en una misma manzana, en la Tabla 5 se puede observar las parroquias, sectores y hogares seleccionado; su georreferenciación se encuentra en el [anexo G](#).

---

<sup>5</sup> Según datos del (INEC, 2010) Cuenca existen 133.857 hogares, además según la Encuesta de Hogares en el Cantón Cuenca (D'Amore Riqueti, 2006) el 61,13% de los hogares reside en la zona urbana.

**Tabla 4***Parroquias y Hogares Por Encuestar*

(1) N.º aleatorios	(2) Parroquias	(3) N.º Total de hogares	(4) Sector Seleccionado	(5) N.º hogares	(6) Encuestas a realizar (50%)	(7) = (3) / (6) Representatividad de encuestas	(8) = (7) / Total de hogares	(9) = (8) / 6 encuestas Ponderadores
7	Gil Ramírez Dávalos	2346	10150041011	58	29	80,90	0,0023607713	0,0003934619
9	San Blas	2958	10150043001	90	45	65,73	0,0019182693	0,0003197115
15	Hermano Miguel	3267	10150016011	72	36	90,75	0,0026483205	0,0004413868
6	Huayna Cápac	6135	10150068007	38	19	322,89	0,0094229065	0,0015704844
13	Monay	5730	10150051008	61	31	184,84	0,0053940733	0,0008990122
12	Totoracocha	5811	10150048007	73	37	157,05	0,0045832449	0,0007638742
2	Bellavista	5057	10150010003	53	27	187,30	0,0054657921	0,0009109653
8	El Sagrario	2963	10150058008	36	18	164,61	0,0048037795	0,0008006299
<b>Total</b>		<b>34267</b>		<b>481</b>	<b>242</b>	<b>1254,07</b>		

*Nota.* La tabla evidencia las parroquias seleccionadas con su respectiva información obtenida del INEC (2001) . Elaborado por el autor.

La encuesta se realizó en dos etapas. En una primera etapa se realizó una encuesta piloto de hogares donde se relevó información sobre el modo de viaje al trabajo, complementado con variables sociodemográficas. En una segunda etapa, se enviaron mensajes a los números de WhatsApp invitando a participar en la encuesta de preferencias declaradas.

La encuesta piloto de Preferencias Declaradas (PD) con la que se obtuvieron los datos relevados sirvieron para analizar la experiencia de los encuestados con respecto al experimento y poder mejorarlo antes de llevarlo al campo (Sartori J. P., 2006). Ésta se realizó con la colaboración de personal de Movilidad no Motorizada y el departamento de Control de Transporte Público y Comercial de la EMOV EP entre el 4 y el 9 de enero de 2021. El personal levantó información de las 7 parroquias urbanas escogidas con la metodología de muestreo por conglomerados en proporciones.

Procedimiento para el relevamiento:

- Visitar cada parroquia que ha sido seleccionada por muestreo aleatorio simple.



- Identificar cada sector por las calles que conforman su perímetro, seleccionar al azar una vivienda del sector para encuestar.
- Realizar el número de encuestas definido en el muestreo por conglomerados a los hogares.
- Si en una vivienda no desean responder la encuesta, o no hay personas para responder, entonces se reemplaza esa vivienda por la que se encuentra contigua hacia la izquierda.

De esta forma, por ejemplo, se seleccionó la parroquia Gil Ramírez Dávalos, conformada con un total de 2.346 hogares, la cual está dividida en 22 sectores, de estos se seleccionó el sector 11 para la muestra, en donde se ubican 58 hogares de los cuales se encuestaron 29 de estos. Este sector está situado en las calles: Juan Montalvo, presidente Córdova, Bajada del Vado y de la Cruz. De forma similar, se procedió con las demás parroquias seleccionadas, generándose al final *un total de 242 hogares* a encuestar. Estas visitas a los hogares permitió obtener los números de teléfono de quienes estaban dispuestos a participar, a quienes se envió mensajes por WhatsApp<sup>6</sup>, los cuales fueron partícipes del experimento de PD de elección para viajes hacia el lugar de trabajo o estudios, mediante la encuesta realizada en Google Forms<sup>7</sup>.

Además, cabe señalar que la información proporcionada por los encuestados solo sirvió con el fin de levantar datos comportamentales para la elección de modos de transporte, para esta investigación y siempre se dejó la posibilidad de no participar en la encuesta si la persona encuestada no lo desea, garantizando así el cumplimiento del artículo 12 de la (Constitución de la República del Ecuador, 2008): “Se reconoce y garantiza a las personas (...) el derecho a la protección de datos de carácter personal, que incluye el acceso y la decisión sobre información de este carácter, así como su correspondiente protección. De esta forma, la base de datos con los números de whatsapp o cualquier otra variable que permita identificar al entrevistado no se compartirá, lo cual resguardará sus datos personales. Además, los resultados agregados obtenidos tampoco permiten identificar a ningún encuestado.

---

<sup>6</sup> Las encuestas por Internet o medios digitales son mucho más flexibles (las situaciones de elección pueden adaptarse automáticamente a cada encuestado), permiten realizar encuestas más avanzadas y facilitan la obtención de datos sin errores de introducción por parte de personas. Por lo tanto, la mayoría de las encuestas de elección declarada hoy en día están basadas en el ordenador o medios digitales (ChoiceMetrics, 2018, pág. 57).

<sup>7</sup> Disponible en el siguiente link: [FORMULARIO DE ENCUESTAS DE PREFERENCIAS DECLARADAS MAESTRÍA ECONOMÍA UNIVERSIDAD DE CUENCA \(google.com\)](https://forms.gle/FORMULARIO-DE-ENCUESTAS-DE-PREFERENCIAS-DECLARADAS-MAESTRIA-ECONOMIA-UNIVERSIDAD-DE-CUENCA).



## II.2.2 Marco Econométrico

Para estimar la probabilidad de elección de cada una de las alternativas que enfrenta el consumidor, es necesario aplicar métodos econométricos apropiados. En lo que sigue, se realiza un análisis teórico de los modelos LMN, LMNM con parámetros aleatorios y LMN Anidado que se utilizan en este estudio para la estimación de la demanda de modo de transporte en el contexto de los modelos de elección discreta.

### II.2.2.1 Modelo Logit Multinomial

El modelo logit multinomial para la elección entre  $k$  alternativas expresa la probabilidad de que un individuo elija alguna alternativa  $j$  como una función de las utilidades de las  $k$  alternativas disponibles de medios de transporte:

$$P_i = \frac{\exp(V_i)}{\sum_k \exp(V_k)} \quad (7)$$

Frecuentemente, la expresión que se adopta para el componente determinístico de la utilidad es una función lineal en los atributos y en los parámetros, es decir:

$$V_{iq} = CEA_{iq} + \sum_{k=1}^K \beta_{ki} x_{kqi} \quad (8)$$

Siendo  $x_{kqi}$  el valor que toma el atributo  $k$ -ésimo para el individuo  $q$  y  $\beta_{ki}$  el parámetro ligado a dicho atributo, que se considera constante para todos los individuos<sup>8</sup>.

Cuando se especifica una función de utilidad lineal como la dada por (8), el valor del tiempo es el cociente entre el parámetro del tiempo y el del costo, el cual representa la tasa marginal de sustitución entre el tiempo de viaje ( $x_{ki}$ ) y el costo del mismo ( $c_{ki}$ ), y se mide la disposición a pagar de los individuos por ahorrar tiempo de viaje, por tiempo de espera y por cuadras caminadas:

$$VS_{ki} = \frac{\partial V_i / \partial x_{ki}}{\partial V_i / \partial c_{ki}} \quad (9)$$

También se podrán obtener las valoraciones subjetivas de los ahorros de tiempo de espera y cuadras caminadas en origen y destino ya sea hasta la parada de un medio de transporte o directamente hacia el lugar de trabajo o estudios.

<sup>8</sup> Este supuesto de coeficientes fijos se utiliza tradicionalmente para derivar los valores subjetivos del tiempo de los individuos.

En el [anexo D](#) se presenta un diagrama de árbol de elección de modo de transporte, considerando el modelo LMN y los modos de transporte disponibles en la ciudad de Cuenca. El consumidor enfrenta un conjunto de alternativas para realizar su elección de viajar al trabajo o al centro de estudios, estas son: automóvil, motocicleta, taxi, bus, tranvía, bicicleta pública, bicicleta privada y caminar.

### II.2.2.2 Modelo Logit Mixto

El modelo logit mixto, permite incorporar la heterogeneidad en las preferencias de los consumidores, el mismo puede estimarse representando diferentes especificaciones de comportamiento y cada una de ellas proporciona una interpretación particular.

Siguiendo a (Train K. E., 2009) puede afirmarse que el modelo logit mixto es cualquier modelo cuyas probabilidades de elección pueden expresarse como:

$$P_{ni} = \int L_n(\beta) f(\beta) d(\beta) \quad (10)$$

Donde el subíndice  $n$  se refiere al individuo y el subíndice  $i$  se refiere a la alternativa  $i$  –ésima, además:  $L_n(\beta)$ : es la probabilidad logit evaluada en el vector de parámetros  $\beta$ .

$$L_{ni}(\beta) = \frac{e^{V_{ni}(\beta)}}{\sum_{j=1}^J e^{V_{nj}(\beta)}} \quad (11)$$

Y  $f(\beta)$  es una función de densidad.  $V_n(\beta)$  es la parte observada de la función de utilidad, que depende de los parámetros  $\beta$ , comúnmente es una función lineal en los parámetros  $\beta$  y puede expresarse como:  $V_{ni}(\beta) = \beta' x_{ni}$ . Por lo tanto, la probabilidad obtenida con el modelo logit mixto es un promedio ponderado (función mixta) de la fórmula logit evaluada en diferentes valores de  $\beta$ , con ponderadores dados por la densidad  $f(\beta)$  (Orro, 2005), quedando entonces expresada como sigue:

$$L_{ni}(\beta) = \frac{e^{V_{ni}(\beta)}}{\sum_{j=1}^J e^{V_{nj}(\beta)}} f(\beta) d(\beta) \quad (12)$$

De esta forma las probabilidades de elección del modelo logit mixto se calculan como la integral de las probabilidades de elección del modelo logit multinomial sobre una distribución de los términos de error supuesta y determinada denotada en la ecuación 13. Esta distribución mixta captura tanto la varianza como la correlación en los factores no observados; por lo tanto, el modelo MNL es un caso particular del modelo Logit mixto, donde  $f(\beta) = 1$  para  $\beta = b$  y cero en otro caso.

Siguiendo a (Train K. E., 2009; McFadden & Train, 20000) denotando como  $\theta$  a los parámetros que caracterizan a la función de densidad de  $\beta$  y a la función de densidad como  $f$ , la probabilidad de elección de la alternativa  $i$  es una función de  $\theta$ :

$$P_{ni} = \int L_n(\beta) f(\beta|\theta) d(\beta) \quad (13)$$

Integrando sobre los parámetros  $\beta$ , los cuales representan los gustos de los individuos, a partir de las estimaciones de  $\theta$  y las elecciones realizadas por los individuos. En este caso se habla de “heterogeneidad de las preferencias”. Considerando el modelo en el cual la utilidad de la persona  $n$  derivada de la elección de la alternativa  $j$  es:

$$U_n(B) = \beta'_n x_{nj} + \varepsilon_{nj} \quad (14)$$

El individuo que realiza la elección selecciona la alternativa  $i$  sí y sólo si  $U_{ni} > U_{nj} \forall j \neq i$ . El investigador observa las  $x_{nj}$  pero no  $\beta_n$  o los  $\varepsilon_{nj}$ . De esta forma, la probabilidad condicional a  $\beta_n$  sería:

$$L_{ni}(\beta_n) = \frac{e^{\beta'_n x_{ni}}}{\sum_{j=1}^J e^{\beta'_n x_{nj}}} f(\beta) d(\beta) \quad (15)$$

Dado que no se conoce  $\beta_n$  y no puede condicionar sobre estos parámetros, la probabilidad no condicionada será la integral de  $L_{ni}(\beta)$  con respecto a todos los posibles valores de  $\beta_n$ , de donde se obtiene la probabilidad del modelo logit mixto:

$$P_{ni} = \int \left( \frac{e^{\beta'_n x_{ni}}}{\sum_{j=1}^J e^{\beta'_n x_{nj}}} \right) f(\beta) d(\beta) \quad (16)$$

Para estimar los parámetros de esa distribución, En la mayoría de las aplicaciones ( $\beta$ ) es una función continua de tipo Normal o Uniforme, (Kamakura, Wagner A. & Russell, & Gary, 1989). A continuación, se presentan detalles sobre las distribuciones Uniforme y Normal, de acuerdo con (Hess, Bierlaire, & Polak, 2004).

### La Distribución Uniforme.

La distribución uniforme es la distribución estadística más básica; asigna la misma probabilidad a todos los valores incluidos en un dominio definido. Para  $\theta$  distribuido uniformemente en  $[a, b]$ , tenemos:

$$f(\theta) = \begin{cases} 0; \text{para } \theta < a \\ \frac{1}{b-a}, \text{ para } a \leq \theta \leq b \\ 0; \text{para } \theta > b \end{cases} \quad (17)$$

Para la distribución uniforme estándar,  $a$  y  $b$  se establecen en 0 y 1 respectivamente. La distribución uniforme se puede usar para coeficientes con un supuesto de signo a priori al restringir el límite inferior o superior a 0, lo que lleva a tomar valores positivos o negativos respectivamente.

### La distribución Normal.

La distribución normal, se utiliza para coeficientes sin o con una suposición estricta de signos, (por ejemplo, coeficientes de tiempo de viaje negativo).

De hecho, la distribución Normal, con función de densidad dada por

$$f(\theta) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\theta-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (18)$$

Se define en  $\theta (-\infty, +\infty)$ , para todos los valores de  $\mu$  (media) y  $\sigma$  (desviación estándar), al seguir una distribución Normal un coeficiente poblacional a priori se supone que el mismo puede tomar valores positivos y negativos.

### II.2.2.3 Modelo Logit Anidado

Un modelo logit jerárquico es apropiado cuando el conjunto de alternativas a las que se enfrenta un decisor puede dividirse en subconjuntos, llamados nidos (nests), de tal manera que para cualesquiera dos alternativas que están en el mismo nido, el ratio de probabilidades es independiente de los atributos o de la existencia de otras alternativas.

En el [anexo E](#) se presenta el diagrama de árbol que se compone de cuatro ramas, denominadas "Transporte público", "Transporte privado", "Taxi" (sin sub-ramas, lo cual degenera el modelo) y "Otro Modo" (Nivel 1), entre las cuales se hace una primera elección CE1, luego cada rama está compuesta por sub-ramas (Nivel 2), donde se hace la elección definitiva: CE2: automóvil vs. Motocicleta; CE3: bus vs. tranvía vs. bicicleta pública; CE4: caminar vs. Bicicleta privada. Considerando que los atributos de las alternativas elementales que pertenecen a una alternativa compuesta ejercen influencia su elección. Por ello de acuerdo con (Sartori J. J., 2013) se incluye en la alternativa compuesta un índice de *utilidad máxima esperada (UME)*, el cual es igual al logaritmo natural del denominador del modelo LMN asociado con las alternativas elementales.

Por ejemplo, para la alternativa compuesta "transporte público" del [anexo E](#):

$$UM(tpub) = \ln [\exp (V_{bus} + V_{tranvia} + V_{bici pub})] \quad (19)$$

Y para la alternativa compuesta "transporte privado" será:

$$UM(tpriv) = \ln [\exp (V_{auto} + V_{moto})] \quad (20)$$

Por ejemplo, para las sub-ramas (Nivel 2) de la alternativa de transporte privado

$$V'_{tpriv} = \beta_{0tpriv} + \beta_{1tpriv} * f(X_{1tpriv}) + \beta_{2tpriv} * f(X_{2tpriv}) + \dots + \beta_{ktpriv} * f(X_{ktpriv}) + \frac{1}{\lambda_j} * UME_{k+1tpriv} \quad (21)$$

También se puede escribir como:

$$V'_{tpriv} = V_{tpriv} + \frac{1}{\lambda_j} * UME_{k+1tpriv} \quad (22)$$

Y considerando el factor de escala asociado al nodo de transporte privado, se tiene:

$$\lambda_{tpriv} V'_{tpriv} = \lambda_{tpriv} V_{tpriv} + \frac{\lambda_{tpriv}}{\lambda_j} * UME_{k+1tpriv} \quad (23)$$

De esta forma, la probabilidad de elección de una alternativa elemental “j” que pertenece al nodo de transporte privado será:

$$P_{tpriv} * P(j/tpriv) = \frac{\exp(\lambda_{tpriv}(V'_{tpriv}))}{\sum_{g'=tpub,tpriv,taxi,otro} \exp(\lambda_{g'}(V'_{g'}))} * \frac{\exp(\lambda_j(V_{j/tpriv}))}{\sum_{j'=1}^J \exp(\lambda_{j'}(V_{j'/tpriv}))} \quad (24)$$

$g' = tpub, tpriv, taxi, otro$

$j' =$  Índice de las  $J$  alternativas elementales pertenecientes a una alternativa genérica o nodo compuesto  $g'$

$\lambda_g =$  Parámetro de escala de las alternativas genéricas (transporte público, privado, taxi y otro modo).

$\lambda_{tpriv} =$  Parámetro de escala de la función de utilidad de las  $J$  alternativas pertenecientes a la alternativa genérica transporte privado.

Considerando que el último término de  $V'_{tpriv}$  es:

$$\frac{1}{\lambda_j} * UME_{k+1tpriv} = \frac{1}{\lambda_j} * \log \sum_{j'=1}^J \exp(\lambda_{j'}(V_{j'/tpriv}))$$

Reemplazando este último término en  $P_{j,tpriv}$ , se obtiene:

$$P_{j,tpriv} = P_{tpriv} * P(j/tpriv) = \frac{\exp(\lambda_{tpriv} V_{tpriv} + \frac{\lambda_{tpriv}}{\lambda_j} \log \sum_{j'=1}^J \exp(\lambda_{j'}(V_{j'/tpriv})))}{\sum_{g'=tpub,tpriv,taxi,otro} \exp(\lambda_{g'} V'_{g'} + \frac{\lambda_{g'}}{\lambda_j} \log \sum_{j'=1}^J \exp(\lambda_{j'}(V_{j'/tpriv})))} * \frac{\exp(\lambda_j(V_{j/tpriv}))}{\sum_{j'=1}^J \exp(\lambda_{j'}(V_{j'/tpriv}))} \quad (25)$$



Donde:

$\lambda_j$  = Factor de escala asociado a las alternativas básicas del nivel 1.

$\lambda_{tpriv}$  = factor de escala asociado con los modos de transporte privado (auto y moto) del nivel 2.

$\lambda_g$  Puede asumir los valores  $\lambda_{tpu}$ ,  $\lambda_{tpriv}$ ,  $\lambda_{taxi}$  y  $\lambda_{otro}$ . Además,  $\lambda_{otro} = 1$ , dado que se trata de una alternativa genérica.

Para identificar el modelo debe imponerse una restricción adicional, normalizando uno de los dos factores de escala de los diferentes niveles, comúnmente haciéndolo igual a la unidad.

### III. RESULTADOS Y ESTIMACIONES

La muestra de 242 hogares en donde se realizó la encuesta de preferencias declaradas estuvo integrada por 93 mujeres (38,43%) y 149 varones (61,57%). De la misma forma, la mayor proporción de encuestados corresponde a personas con edades entre 31 y 40 años (36,61%); un 26% de los encuestados tienen entre 41 y 50 años; un 16% de los encuestados tienen entre 21 y 30 años; un 10% de los encuestados tienen entre 16 y 20 años y un 7% fueron mayores a 50 años. En lo que se refiere a nivel de ingresos mensuales por hogar se tiene que, de los 242 hogares encuestados, el 47,08% de los mismos tienen ingresos entre \$ 1001 - \$2000; un 16,67% de tienen ingresos entre \$ 801 - \$1000; un 15,42% tienen ingresos entre \$ 2001 - \$3000; un 11,25% tienen ingresos entre \$ 401 - \$800; un 7,92% tienen ingresos menores a \$400; y un 1,67% tienen ingresos mayores a \$3000.

En lo referente al nivel de educación del total de las personas encuestadas un 56,61% tienen un nivel de educación superior; un 24,38% tienen un nivel de educación de posgrado; un 15,29% tienen educación secundaria; un 2,07% tienen educación de primaria; y un 1,65% tienen doctorado. Además, 81 (74%) de los encuestados afirmaron que trabajan en el sector privado; 27 (25%) estudian en el sector privado y 2 (2%) trabajan y estudian en el sector privado; mientras que 176 (85%) afirmaron que trabajan en el sector público; 16 (8%) estudian en el sector público y 15 (7%) trabajan y estudian en el sector público<sup>9</sup>. Respecto a los km de recorrido desde el hogar hasta el lugar de estudios o de trabajo; el 29,29% de los encuestados recorre 7,5 km; el 25,10% recorre 10 km; el 25,10% recorre 5 km; y el 20,50% recorre 2,5 km. De la misma forma, se encontró que el 33,06% de los encuestados poseen solamente auto; el 13,64% poseen auto, moto y bicicleta; el 13,64% no poseen ningún modo de transporte; el 10,74% poseen solamente bicicleta; el 5,79% poseen solo moto; el 3,31% poseen moto y bicicleta; el 2,89% poseen auto y bicicleta; el 0,83% poseen auto y scooter; el 0,41% posee auto y bus; y el 0,41% posee solamente bus<sup>10</sup> (véase [anexo F](#)).

---

<sup>9</sup> Debe considerarse que, en la pregunta relacionada con el nivel de educación, se ha considerado que el nivel de estudios "primaria" incluye a primaria completa o incompleta. Podría interpretarse también que las personas "sin estudios" podrían haberse incluido en este grupo ya que no hubo mayores problemas ni dudas de los entrevistados a la hora de responder esta pregunta.

<sup>10</sup> Estadísticos descriptivos de las variables socioeconómicas se pueden ver en el siguiente link: <https://bit.ly/3gl1mNe>.

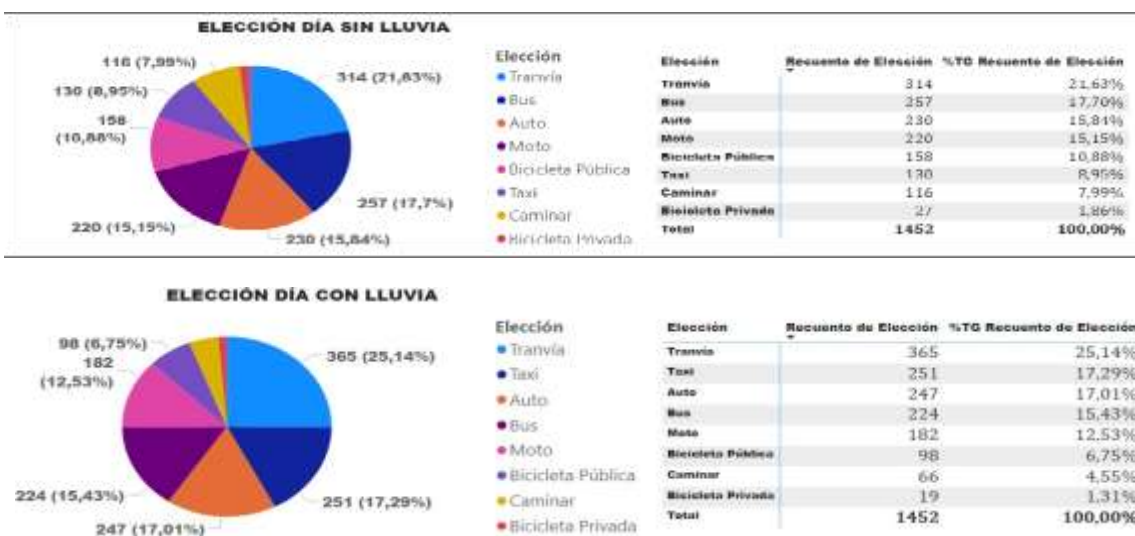


### III.1. Estimación de los modelos y análisis de los resultados.

En este apartado se estima la demanda probabilística de transporte para viajar ya sea al lugar de trabajo o al lugar de estudios, utilizando diversas especificaciones de modelos de elección discreta con el objeto de comparar los resultados que se derivan de cada uno de ellos. El conjunto de elección está formado por los modos de transporte disponibles como son: auto, moto, taxi, bus, tranvía, bicicleta pública, bicicleta privada y caminar. Todas las estimaciones se realizaron utilizando el software BIOGEME, de libre disponibilidad (Bierlaire, 2003 y 2009). Las sintaxis de los programas para la estimación econométrica de los modelos se presentan en el [anexo H](#). En todos los modelos estimados en esta sección, la variable dependiente es la elección de modo de transporte declarada por los encuestados para cada escenario de elección, correspondiente a la respuesta para un día con y sin lluvia, es decir, considerando para cada encuestado los modos de transporte disponibles para viajar al trabajo o al lugar de estudios. La distribución de frecuencia de la variable dependiente (1.452 observaciones) del modelo se presenta a continuación en la figura 6.

**Figura 6**

*Distribución de frecuencias de la variable dependiente de elección de modo de transporte (Día Sin Lluvia y Día Con Lluvia)<sup>11</sup>*



*Nota.* Considerando el estudio de campo, la Figura 6 refleja una distribución de frecuencia en la elección del modo de transporte (día sin y con lluvia). Elaboración propia.

<sup>11</sup> Para más detalles sobre elección de modos de transporte en los distintos escenarios ir al siguiente link: <https://bit.ly/3vObt8Z>.



Encontrando de esta forma que, de las 1.452 observaciones provenientes de 242 encuestas a hogares con 6 escenarios cada una, en un día sin lluvia los modos de transporte público como son el tranvía (21,63%) y bus (17,70%) son los que los encuestados más prefieren; seguidos por modos de transporte privado auto (15,84%) y moto (15,15%); el taxi como modo de transporte público-privado tiene un (8,95%) de aceptación; mientras que modos de transporte sustentables como bici pública, caminar y bici privada tienen (10,88%); (7,99%) y (1,86%) de preferencia de uso. Por otra parte, en un día con lluvia los modos de transporte que más prefirieron los encuestados fueron el tranvía (25,14%); el taxi (17,29%)<sup>12</sup>; auto (17,01%); bus (15,43%) y moto (12,53%); y los modos de transporte que menos preferencia tuvieron fueron los modos de transporte sustentables como la bicicleta pública (6,75%); caminar (4,55%) y bicicleta privada (1,31%); encontrando a priori que el tiempo meteorológico influye en las preferencias por el uso de los diferentes modos de transporte. Sin embargo, se debe tener en cuenta que aunque los diseños de encuestas de PD tratan de minimizar sesgos inherentes comúnmente en las encuestas; las respuestas de las mismas podrían diferir entre lo que los individuos declaran que harían en una situación hipotética y lo que realmente harán si ésta se presenta (errores aleatorios); o podrían estar influenciadas por experiencias previas (errores no aleatorios); o estar en función de lo que se creen que el encuestador desea recibir (sesgo de afirmación); racionalizando el comportamiento habitual, disonancia cognitiva (Ortúzar J. , 2000); con el fin de influir en las decisiones o políticas.

Las variables explicativas de las funciones de utilidad especificadas son:

#### **Variables de servicio de transporte:**

- tva: tiempo de viaje en automóvil; cva: costo de viaje en automóvil; cea: costo de estacionamiento diario del automóvil.
- tvn: tiempo de viaje en motocicleta; cvn: costo de viaje en motocicleta; cem:: costo de estacionamiento diario de motocicleta.
- tvt:: tiempo de viaje en taxi; tet: tiempo de espera del taxi; cvt: costo de viaje del taxi.
- tvbus: tiempo de viaje en bus; tebus: tiempo de espera de bus; cvbus: costo de viaje de bus; ccbus: cuerdas caminadas (en origen más destino) al usar bus urbano.

---

<sup>12</sup> Los días de lluvia muchos usuarios del transporte público, motociclistas y ciclistas, demandan servicios de taxi ya que no están dispuestos a esperar modos de transporte urbano como bus, bajo la lluvia o no tienen seguridad de su llegada.



- tvtranv: tiempo de viaje en tranvía; tetranv: tiempo de espera de tranvía; cvtranv: costo de viaje de tranvía; cctranv: cuadras caminadas (en origen más destino) al usar tranvía.
- tvbi: tiempo de viaje en bicicleta pública; cvbi: costo de viaje en bicicleta pública; ccbi: cuadras caminadas (en origen más destino) al usar bicicleta pública.

### Variables ficticias de distancia

KMS<sub>2\_5</sub>: viajes de 2,5 kms; KMS<sub>5</sub>: viajes de 5 kms; KMS<sub>7\_5</sub>: viajes de 7,5 kms; KMS<sub>10</sub>: viajes de 10 kms. KMS<sub>2\_5</sub>, comportamiento diferencial de los encuestados en relación con viajes de 2,5 kms.

### Variables socio demográficas:

Variables ficticias que asumen el valor de 1 si los encuestados cumplen cierta condición:

- Trabaja; Estudia; Gen: para mujeres; D<sub>1</sub>: si tienen entre 21 – 30 años; D<sub>2</sub>: si tienen entre 31 -40 años; D<sub>3</sub>: si tienen entre 41 -50 años; D<sub>4</sub>: si tienen más de 50 años. La categoría base para la edad corresponde a los encuestados que tienen entre 16 -20 años.
- Educa: variable ficticia que asume valor de 1, 2, 3, 4 y 5 cuando el encuestado ha completado su educación primaria; secundaria; superior; posgrado y doctorado.
- Ing<sub>1,2,3,4,5</sub>: para nivel de ingresos mensuales promedio entre \$ 401 - \$800 mensuales; entre \$ 801 - \$1000; entre \$ 1001 - \$2000; entre \$ 2001 - \$3000; mayor a \$3000.

### Los parámetros por estimar son:

*CEAauto, moto, taxi, bus, tranvía, bici pub, bici priv; caminar*: 8 constantes de la función de utilidad de las alternativas de transporte; tomando como variable referencial a la alternativa caminar.

- $\beta_{tv,te,cv,ce,cc}$ : parámetros genéricos asociados a las variables de servicio: tiempo de viaje; tiempo de espera; costo de viaje; costo de estacionamiento; cuadras caminadas en origen más destino
- $\beta_{2_5;5;7_5;10}$ : parámetros asociados a la distancia de viaje desde el hogar al lugar de trabajo o estudios de 2,5 km; 5 km; 7,5 km y 10 km

- $\beta_{age1,age2,age3,age4}$ : parámetros de la variable ficticia relacionados al rango de edad de 21 – 30 años; 31 – 40 años; 41 – 50 años y más de 50 años; teniendo como base personas menores a 21 años.
- $\beta_{gen}$ : parámetro género;  $\beta_{work}$ : parámetro de la situación laboral;  $\beta_{stud}$ : parámetro de estudios;  $\beta_{educa}$ : parámetro de nivel de educación.
- $\beta_{Ing1,Ing2,Ing3,Ing4}$ : parámetros de la variable ficticia relacionada a si el hogar del encuestado tiene un nivel de ingresos mensuales promedio entre \$ 401 - \$800; entre \$ 801 - \$1000; entre \$ 1001 - \$2000; entre \$ 2001 - \$3000 y mayor a \$300.

De esta forma, se estiman ocho modelos diferentes con ocho funciones de utilidad cada uno. Las funciones de utilidad determinísticas que se estiman son las siguientes:

$$\begin{aligned} V(Auto) = & CEA_{Auto} + \beta_{tv} \cdot TV_{Auto} + \beta_{cv} \cdot CV_{Auto} + \beta_{ce\_A} \cdot CE_{Auto} + \beta_5 \cdot KMS_5 + \beta_{7\_5} \cdot KMS_{7\_5} \\ & + \beta_{10} \cdot KMS_{10} + \beta_{age1} \cdot D_1 + \beta_{age2} \cdot D_2 + \beta_{age3} \cdot D_3 + \beta_{age4} \cdot D_4 + \beta_{gen} \cdot Gen \\ & + \beta_{work} \cdot Trabaja + \beta_{stud} \cdot Estudia + \beta_{educa} \cdot Educa + \beta_{Ing1} \cdot Ing_1 \\ & + \beta_{Ing2} \cdot Ing_2 + \beta_{Ing3} \cdot Ing_3 + \beta_{Ing4} \cdot Ing_4 + \beta_{Ing5} \cdot Ing_5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V(Moto) = & CEA_{Moto} + \beta_{TV} \cdot TV_{Moto} + \beta_{CV} \cdot CV_{Moto} + \beta_{CE\_M} \cdot CE_{Moto} + \beta_5 \cdot KMS_5 \\ & + \beta_{7\_5} \cdot KMS_{7\_5} + \beta_{10} \cdot KMS_{10} + \beta_{age1} \cdot D_1 + \beta_{age2} \cdot D_2 + \beta_{age3} \cdot D_3 \\ & + \beta_{age4} \cdot D_4 + \beta_{gen} \cdot Gen + \beta_{work} \cdot Trabaja + \beta_{stud} \cdot Estudia \\ & + \beta_{educa} \cdot Educa + \beta_{Ing1} \cdot Ing_1 + \beta_{Ing2} \cdot Ing_2 + \beta_{Ing3} \cdot Ing_3 + \beta_{Ing4} \cdot Ing_4 \\ & + \beta_{Ing5} \cdot Ing_5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V(Taxi) = & CEA_{Taxi} + \beta_{TV} \cdot TV_{Taxi} + \beta_{TE} \cdot TE_{Taxi} + \beta_{CV} \cdot CV_{Taxi} + \beta_5 \cdot KMS_5 + \beta_{7\_5} \cdot KMS_{7\_5} \\ & + \beta_{10} \cdot KMS_{10} + \beta_{age1} \cdot D_1 + \beta_{age2} \cdot D_2 + \beta_{age3} \cdot D_3 + \beta_{age4} \cdot D_4 + \beta_{gen} \cdot Gen \\ & + \beta_{work} \cdot Trabaja + \beta_{stud} \cdot Estudia + \beta_{educa} \cdot Educa + \beta_{Ing1} \cdot Ing_1 \\ & + \beta_{Ing2} \cdot Ing_2 + \beta_{Ing3} \cdot Ing_3 + \beta_{Ing4} \cdot Ing_4 + \beta_{Ing5} \cdot Ing_5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V(Bus) = & CEA_{Bus} + \beta_{TV} \cdot TV_{Bus} + \beta_{TE} \cdot TE_{Bus} + \beta_{CV} \cdot CV_{Bus} + \beta_{CC} \cdot CC_{Bus} + \beta_5 \cdot KMS_5 \\ & + \beta_{7\_5} \cdot KMS_{7\_5} + \beta_{10} \cdot KMS_{10} + \beta_{age1} \cdot D_1 + \beta_{age2} \cdot D_2 + \beta_{age3} \cdot D_3 \\ & + \beta_{age4} \cdot D_4 + \beta_{gen} \cdot Gen + \beta_{work} \cdot Trabaja + \beta_{stud} \cdot Estudia \\ & + \beta_{educa} \cdot Educa + \beta_{Ing1} \cdot Ing_1 + \beta_{Ing2} \cdot Ing_2 + \beta_{Ing3} \cdot Ing_3 + \beta_{Ing4} \cdot Ing_4 \\ & + \beta_{Ing5} \cdot Ing_5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (Tranvía) = & CEA_{Tranvía} + \beta_{TV} \cdot TV_{Tranvía} + \beta_T \cdot TE_{Tranvía} + \beta_{CV} \cdot CV_{Tranvía} \\ & + \beta_{CC} \cdot CC_{Tranvía} + \beta_5 \cdot KMS_5 + \beta_{7\_5} \cdot KMS_{7\_5} + \beta_{10} \cdot KMS_{10} + \beta_{age1} \cdot D_1 \\ & + \beta_{age2} \cdot D_2 + \beta_{age3} \cdot D_3 + \beta_{age4} \cdot D_4 + \beta_{gen} \cdot Gen + \beta_{work} \cdot Trabaja \\ & + \beta_{stud} \cdot Estudia + \beta_{educa} \cdot Educa + \beta_{Ing1} \cdot Ing_1 + \beta_{Ing2} \cdot Ing_2 + \beta_{Ing3} \cdot Ing_3 \\ & + \beta_{Ing4} \cdot Ing_4 + \beta_{Ing5} \cdot Ing_5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(Bici \text{ P\acute{u}b}) = & CEA_{bici \text{ pub}} + \beta_{TV} \cdot TV_{Bici} + \beta_{CC} \cdot CR_{Bici} + \beta_5 \cdot KMS_5 + \beta_{7-5} \cdot KMS_{7-5} \\ & + \beta_{10} \cdot KMS_{10} + \beta_{age1} \cdot D_1 + \beta_{age2} \cdot D_2 + \beta_{age3} \cdot D_3 + \beta_{age4} \cdot D_4 + \beta_{gen} \cdot Gen \\ & + \beta_{work} \cdot Trabaja + \beta_{stud} \cdot Estudia + \beta_{educa} \cdot Educa + \beta_{Ing1} \cdot Ing_1 \\ & + \beta_{Ing2} \cdot Ing_2 + \beta_{Ing3} \cdot Ing_3 + \beta_{Ing4} \cdot Ing_4 + \beta_{Ing5} \cdot Ing_5\end{aligned}$$

$$V(Bicicleta \text{ Privada}) = CEA_{bici \text{ priv}}$$

$$V(Camina) = CEA_{camina}$$

Las estimaciones realizadas, van desde las formulaciones más restrictivas a las más generales. Esto es, un modelo logit multinomial (Modelo 1 -MNL), se analizan especificaciones que incorporan heterogeneidad en los gustos de los individuos mediante modelos logit mixtos donde el parámetro del tiempo de viaje sigue dos tipos de distribución: uniforme (Modelo 2 - MNL MIX UNIF); normal (Modelo 3 - MNL MIX NORMAL); además a fines de repartir las alternativas de elección en grupos definidos como privado (auto, moto), público ( bus, tranvía y bicicleta pública), taxi y otros (caminar) se realiza un modelo logit Anidado (Modelo 7 - MNL ANIDADO); finalmente para corregir la existencia de respuestas repetidas en las anteriores especificaciones, se estiman modelos con datos de panel (Modelo 4 - MNL PANEL); (Modelo 5 - MNL UNIF PANEL); (Modelo 6 - MNL MIX NORMALPANEL) y (Modelo 8 - MNL ANIDADO PANEL); esto tanto para un día sin lluvia como para un día con lluvia.

En la Tabla 6 se muestran los resultados de los parámetros que permiten calcular la valoración social de las variables de servicio de transporte derivadas de las especificaciones, Logit Multinomial (LMN) y Logit Anidado, puesto que los parámetros específicos de los dos modelos resultaron ser significativos y se encuentra evidencia de que la IIA se mantiene dentro del nido de transporte privado, esto tanto para un día con y sin lluvia. La estimación de los ocho modelos se puede ver en el [anexo I](#). Además, en la Tabla 7 se puede evidenciar la influencia del tiempo meteorológico en la valoración de las variables de servicio de transporte.

Cabe recalcar que los resultados válidos tanto para realizar la valoración de los atributos de servicio de transporte, como para hacer predicciones o inferencias son los reportados por el modelo Logit Anidado (NL), ya que este relaja algunos de los supuestos restrictivos del modelo Logit Multinomial (MNL); sin embargo, se presentan los resultados de los dos modelos para mostrar estas diferencias que surgen de distintas especificaciones.

**Tabla 5**

*Diferencia entre valoración subjetiva de variables de servicio de transporte (Especificación)*

Valoración social/Especificación de modelos		Día Sin lluvia		VS	Día Con lluvia		
		Modelo			Modelo		
		MNL	NL	Diferencia	MNL	NL	Diferencia
Parámetros	Btv	-0,012	-0,004*		-0,024	-0,029	
	Bte	-0,011	-0,008*		-0,022	-0,025	
	Bcc	-0,094	-0,060		-0,141	-0,152	
	Bcv	-0,345	-0,272		-0,362	-0,256	
Valoraciones subjetivas	VSATV (\$/min) *	\$ 0,04	\$ 0,01	\$ -0,03	\$ 0,07	\$ 0,11	\$ 0,05
	VSATE (\$/min) **	\$ 0,03	\$ 0,03	\$ -	\$ 0,06	\$ 0,10	\$ 0,04
	VSACC (\$/cuadra) ***	\$ 0,27	\$ 0,22	\$ -0,05	\$ 0,39	\$ 0,59	\$ 0,20

*Notas:* (\*) VSATV: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje. (\*\*) VSATE: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de espera. (\*\*\*) VSACC: Valoración subjetiva de los ahorros de cuerdas caminadas en origen o destino. \* los parámetros Btv y Bte de modelo NL en un día sin lluvia son significativos al 47% de significancia.

**Tabla 6**

*Diferencia entre valoración subjetiva de variables de servicio de transporte (Clima)*

Valoración social/Especificación de modelos	Día con lluvia vs Día sin lluvia	
	MNL	NL
VSATV (\$/min) *	<b>\$ 0,03</b>	<b>\$ 0,10</b>
VSATE (\$/min) **	<b>\$ 0,03</b>	<b>\$ 0,07</b>
VSACC (\$/cuadra) ***	<b>\$ 0,12</b>	<b>\$ 0,37</b>

*Notas:* (\*) VSATV: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje. (\*\*) VSATE: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de espera. (\*\*\*) VSACC: Valoración subjetiva de los ahorros de cuerdas caminadas en origen o destino.

Si se estratifica la muestra de hogares por sus niveles de ingresos, se encuentran las siguientes valoraciones subjetivas de las variables de servicio en un día sin lluvia (véase tabla 8 y 9).

**Tabla 7**

*Valoraciones subjetivas de variables de servicio estratificado por rangos de ingresos (MNL-Sin Lluvia)*

Parámetros/Nivel de Ingresos	Estrato de Ingresos Sin Lluvia MNL					
	0=Menos de \$400 mensuales	1=\$ 401 - \$800 mensuales	2=\$ 801 - \$ 1000 mensuales	3=\$ 1001 - \$ 2000 mensuales	4=\$ 2001 - \$ 3000 mensuales	5=Más de \$ 3000 mensuales
Btv	-0,0051	-0,0069	-0,000010	-0,0211	-0,0305	-0,1480
Bte	-0,0203	-0,0157	-0,0201	-0,0401	-0,0098	-0,1240
Bcc	-0,0723	-0,0618	-0,1460	-0,0837	-0,1100	-0,0397
Bcv	-0,2160	-0,3270	-0,3500	-0,3490	-0,3880	-0,8960
<b>VSATV (\$/min) *</b>	<b>\$ 0,02</b>	<b>\$ 0,02</b>	<b>\$ 0,00003</b>	<b>\$ 0,06</b>	<b>\$ 0,08</b>	<b>\$ 0,17</b>
<b>VSATE (\$/min) **</b>	<b>\$ 0,09</b>	<b>\$ 0,05</b>	<b>\$ 0,06</b>	<b>\$ 0,11</b>	<b>\$ 0,03</b>	<b>\$ 0,14</b>
<b>VSACC (\$/cuadra) ***</b>	<b>\$ 0,33</b>	<b>\$ 0,19</b>	<b>\$ 0,42</b>	<b>\$ 0,24</b>	<b>\$ 0,28</b>	<b>\$ 0,04</b>
Número de observaciones	120	162	246	678	223	23
Rho-square	0,121	0,186	0,158	0,168	0,227	0,436

*Notas:* (\*) VSATV: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje. (\*\*) VSATE: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de espera. (\*\*\*) VSACC: Valoración subjetiva de los ahorros de cuadras caminadas en origen o destino.

**Tabla 8.**

*Valoraciones subjetivas de variables de servicio estratificado por rangos de ingresos (NL-Sin Lluvia)*

Parámetros/Nivel de Ingresos	Estrato de Ingresos Sin Lluvia NL					
	0=Menos de \$400 mensuales	1=\$ 401 - \$800 mensuales	2=\$ 801 - \$ 1000 mensuales	3=\$ 1001 - \$ 2000 mensuales	4=\$ 2001 - \$ 3000 mensuales	5=Más de \$ 3000 mensuales
Btv	-0,00524	-0,00348	-0,0131	-0,0158	-0,00248	-0,192
Bte	-0,00785	-0,0168	-0,0167	-0,0334	-0,0299	-0,155
Bcc	-0,0511	-0,0115	-0,107	-0,271	-0,131	-0,102
Bcv	-0,358	-0,193	-0,252	-0,0638	-0,341	-1,13
<b>VSATV (\$/min) *</b>	<b>\$ 0,01</b>	<b>\$ 0,02</b>	<b>\$ 0,05</b>	<b>\$ 0,25</b>	<b>\$ 0,01</b>	<b>\$ 0,17</b>
<b>VSATE (\$/min) **</b>	<b>\$ 0,02</b>	<b>\$ 0,09</b>	<b>\$ 0,07</b>	<b>\$ 0,52</b>	<b>\$ 0,09</b>	<b>\$ 0,14</b>
<b>VSACC (\$/cuadra) ***</b>	<b>\$ 0,14</b>	<b>\$ 0,06</b>	<b>\$ 0,42</b>	<b>\$ 4,25</b>	<b>\$ 0,38</b>	<b>\$ 0,09</b>
Número de observaciones	120	162	246	678	223	23
Rho-square	0,103	0,108	0,103	0,147	0,167	0,47

*Notas:* (\*) VSATV: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje. (\*\*) VSATE: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de espera. (\*\*\*) VSACC: Valoración subjetiva de los ahorros de cuadras caminadas en origen o destino.

Si se estratifica la muestra de hogares por sus niveles de ingresos, se encuentran las siguientes valoraciones subjetivas de las variables de servicio en un día con lluvia (véase Tabla 10 y 11).



**Tabla 9.**

*Valoraciones subjetivas de variables de servicio estratificado por rangos de ingresos (MNL-Con Lluvia)*

Parámetros/Nivel de Ingresos	Estrato de Ingresos Con Lluvia MNL					
	0=Menos de \$400 mensuales	1=\$ 401 - \$800 mensuales	2=\$ 801 - \$ 1000 mensuales	3=\$ 1001 - \$ 2000 mensuales	4=\$ 2001 - \$ 3000 mensuales	5=Más de \$ 3000 mensuales
Btv	-0,0156	-0,0172	-3,67E-04	-0,036	-0,0201	-0,00264
Bte	-0,0068	-0,012	-0,0101	-0,0477	-0,0168	-0,0855
Bcc	-0,0864	-0,124	-0,322	-0,0968	-0,163	-0,234
Bcv	-0,203	-0,505	-0,352	-0,366	-0,437	-0,0883
<b>VSATV (\$/min) *</b>	<b>\$ 0,08</b>	<b>\$ 0,03</b>	<b>\$ 0,0010</b>	<b>\$ 0,10</b>	<b>\$ 0,05</b>	<b>\$ 0,03</b>
<b>VSATE (\$/min) **</b>	<b>\$ 0,03</b>	<b>\$ 0,02</b>	<b>\$ 0,03</b>	<b>\$ 0,13</b>	<b>\$ 0,04</b>	<b>\$ 0,97</b>
<b>VSACC (\$/cuadra) ***</b>	<b>\$ 0,43</b>	<b>\$ 0,25</b>	<b>\$ 0,91</b>	<b>\$ 0,26</b>	<b>\$ 0,37</b>	<b>\$ 2,65</b>
Número de observaciones	120	162	246	678	223	23
Rho-square	0,121	0,186	0,158	0,168	0,227	0,436

Notas: (\*) VSATV: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje. (\*\*) VSATE: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de espera. (\*\*\*) VSACC: Valoración subjetiva de los ahorros de cuadras caminadas en origen o destino.

**Tabla 10.**

*Valoraciones subjetivas de variables de servicio estratificado por rangos de ingresos (NL-Con Lluvia)*

Parámetros/Nivel de Ingresos	Estrato de Ingresos Con Lluvia NL					
	0=Menos de \$400 mensuales	1=\$ 401 - \$800 mensuales	2=\$ 801 - \$ 1000 mensuales	3=\$ 1001 - \$ 2000 mensuales	4=\$ 2001 - \$ 3000 mensuales	5=Más de \$ 3000 mensuales
Btv	-0,0181	-0,017	-0,0104	-0,0386	-0,0387	-0,0073
Bte	-0,0045	-0,00883	-0,00652	-0,0507	-0,0197	-0,0217
Bcc	-0,101	-0,138	-0,333	-0,109	-0,167	-0,101
Bcv	-0,143	-0,45	-0,246	-0,236	-0,252	-0,0465
<b>VSATV (\$/min) *</b>	<b>\$ 0,13</b>	<b>\$ 0,04</b>	<b>\$ 0,04</b>	<b>\$ 0,16</b>	<b>\$ 0,15</b>	<b>\$ 0,16</b>
<b>VSATE (\$/min) **</b>	<b>\$ 0,03</b>	<b>\$ 0,02</b>	<b>\$ 0,03</b>	<b>\$ 0,21</b>	<b>\$ 0,08</b>	<b>\$ 0,47</b>
<b>VSACC (\$/cuadra) ***</b>	<b>\$ 0,71</b>	<b>\$ 0,31</b>	<b>\$ 1,35</b>	<b>\$ 0,46</b>	<b>\$ 0,66</b>	<b>\$ 2,17</b>
Número de observaciones	120	162	246	678	223	23
Rho-square	0,161	0,223	0,199	0,207	0,251	0,251

Notas: (\*) VSATV: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje. (\*\*) VSATE: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de espera. (\*\*\*) VSACC: Valoración subjetiva de los ahorros de cuadras caminadas en origen o destino.

### III.2. Análisis de escenarios y cálculo de elasticidades con el modelo de elección de modo de transporte

Utilizando los modelos LMN y NL estimados presentados en la Tabla 6, para un día sin y con lluvia, se han generado una serie de escenarios de política que permiten calcular las probabilidades de elección de los diferentes modos de transporte, sus cambios y en función de ellos las elasticidades de demanda<sup>13</sup>.

Se incluye un valor aproximado del número de viajes desde el hogar hasta el lugar de trabajo y/o estudios, dado que en las parroquias de donde se obtuvo la información existen 34.267 hogares y en la urbe de Cuenca hay aproximadamente 81.826 hogares (D'Amore Riqueti, 2006; INEC, 2010) estos representan el 41,9% de la totalidad y en el PMEP (2015) se afirma que, hay 694.876 viajes con origen/destino al día, sin el desplazamiento: "Vuelta a casa", hay 347.438 viajes con diferentes destinos y dado que la movilidad al trabajo y estudios, en un día laboral representa un 51% de los viajes de esta forma tenemos:

$$\text{Viajes al lugar de trabajo o estudios} = \left[ \left( \frac{694.876}{2} \right) * 51\% \right] * 41,9\% = 74.244$$

Siguiendo a (Ben-Akiva & Lerman, 1985), en la Tabla 12 se presenta un resumen de los distintos escenarios con sus respectivas elasticidades para las estimaciones realizadas con los modelos MNL y NL respectivamente para un día sin lluvia y con lluvia. Los 7 escenarios de política analizados son: 1. aumento de la tarifa de bus en un 5%; 2. aumento del costo de estacionamiento del automóvil en un 1.5%; 3. aumento del costo de estacionamiento del automóvil en un 1.5%; 4. aumento del tiempo de espera del bus en 2%; 5. aumento del costo de viaje del tranvía en un 10%; 6. aumento del tiempo de espera del bus en 1% y aumento del costo de viaje en moto del 0,5% y 7. aumento del costo de viaje en auto del 1% y aumento del costo de viaje en bicicleta pública del 1%. En el **Escenario base se presentan las cuotas de demanda de medios de transporte**, considerando los niveles promedio de los atributos utilizados en el diseño experimental para viajes desde el hogar hacia el trabajo o centro de estudios a una distancia de 5 km (ver, Tabla 3)<sup>14</sup>

<sup>13</sup> Los resultados de los escenarios relacionados a la sensibilidad de la demanda ante variaciones de los atributos de servicio como tiempos de viaje, de espera, cuerdas caminadas, costos de viaje y de estacionamiento, y el valor subjetivo relacionado a estos atributos, pueden verificarse en un dashboard que figura en el siguiente link: <https://bit.ly/3ddtGpV>, en el cual se podrán realizar cambios en los atributos y verificar cuales son los resultados obtenidos.

<sup>14</sup> Los escenarios por cada modelo en un día sin y con lluvia se pueden apreciar en el [Anexo I](#).

**Tabla 11**

*Análisis de escenarios de política Modelos MNL y NL (Día Sin Lluvia y Día Con Lluvia)*

Escenario de política	Cambio en variable	MODELO	Elasticidades (cambio del 10% en variable de servicio)		Influencia del clima	Modos de transporte más sensibles (Elasticidades Cruzadas)		Modos de transporte menos sensibles (Elasticidades Cruzadas) y efecto negativo en demanda	
			SIN LLUVIA	CON LLUVIA		SIN LLUVIA	CON LLUVIA	SIN LLUVIA	CON LLUVIA
1	+5% cvb	MNL	-8,26%	-7,90%	-0,37%	tranvía (+1,58%); caminar (+1,56%)	tranvía (+2,25%)	auto y bici privada (+1,10%)	auto (+1,54%)
		NL	-6,88%	-5,92%	-0,96%	tranvía (+1,01%); caminar (+1,00%)	bici pública (+1,40%)	moto (+0,75%); auto (+0,83%)	taxi (+1,21%); auto (+1,24%)
2	+1,5% cea	MNL	-6,72%	-7,11%	0,39%	taxi (+1,78%); moto (+1,77%)	moto (+2,42%)	bici privada (+1,05%)	bici publica (+1,71%)
		NL	-4,16%	-6,80%	2,64%	moto (+2,39%); bici pública (+1,04%)	moto (+5,54%)	taxi (+0,88%); tranvía (+0,89%)	bici privada y caminar (+0,66%)
3	+0,75% t vb	MNL	-4,71%	-6,09%	1,38%	caminar (+0,93%); tranvía (+0,92%)	tranvía (+1,80%)	auto (+0,54%)	auto (+1,05%)
		NL	-2,79%	-7,82%	5,03%	tranvía; bici privada y caminar (+0,16%)	bici privada y caminar (+1,98%); tranvía (+1,94%)	moto (+0,12%)	auto (+1,38%)
4	+2% teb	MNL	-3,66%	-6,38%	2,72%	taxi, tranvía y caminar (+0,68%)	taxi (+1,80%); tranvía (+1,79%)	auto (+0,44%); bici pública (+0,46%)	auto (+1,21%)
		NL	-1,10%	-7,54%	6,44%	taxi y tranvía (+0,41%); caminar (+0,40%)	tranvía (+1,75%)	moto (+0,32%)	auto (+1,52%)

*Nota.* La tabla expone los 7 escenarios de política Modelos MNL y NL (Día Sin Lluvia y Día Con Lluvia), resaltando la sensibilidad que tiene para cada tipo de clima. Elaborado por el autor.

**Tabla 12**

*Análisis de escenarios de política Modelos MNL y NL (Día Sin Lluvia y Día Con Lluvia) (Continuación)*

Escenario de política	Cambio en variable	MODELO	Elasticidades (cambio del 10% en variable de servicio)		Influencia del clima	Modos de transporte más sensibles (Elasticidades Cruzadas)		Modos de transporte menos sensibles (Elasticidades Cruzadas) y efecto negativo en demanda	
			SIN LLUVIA	CON LLUVIA		SIN LLUVIA	CON LLUVIA	SIN LLUVIA	CON LLUVIA
5	+10% cvtr	MNL	-8,48%	-7,70%	-0,78%	caminar (+0,35%); bus (+0,34%); taxi (+0,32%)	bus (+4,46%)	auto (+0,20%)	auto (+2,49%)
		NL	-7,20%	-5,61%	-1,59%	bus, bici privada y caminar (+2,18%)	bus (+3,01%)	auto (+1,69%)	auto (+2,08%)
6	-1% teb	MNL	2,12%	3,42%	1,30%	bici privada (+0,15%)	(-)	taxi (-0,07%); tranvía (-0,05%); caminar (-0,033%)	taxi (-0,69%); tranvía (-0,67%); bici pública (-0,48%); auto (-0,35%)
		NL	1,67%	4,13%	2,46%	auto (+0,48%)	auto (+0,49%)	bici pública (+0,05%)	bus (-0,52%); bici pública (-0,51%)
7	+0,5% cvm	MNL	-4,61%	-5,26%	0,80%				
		NL	-4,23%	-6,08%	1,88%				
	+1% cva	MNL	-4,73%	-4,87%	0,14%	caminar (+0,90%); moto (+0,86%)	moto (+1,56%)	bici privada (-0,13%)	bus (+0,92%); tranvía (+0,93%)
		NL	-6,06%	-5,67%	-0,39%	moto (+2,61%)	moto (+3,61%)	Bus (+1,05%); tranvía (+1,06%)	bici privada y caminar (+0,48%)
	-1%cvbi	MNL	3,18%	3,19%	0,01%				
		NL	3,53%	2,83%	-0,70%				
	Más sensibilidad de demanda en día sin lluvia que en un día con lluvia					Más sensibilidad de demanda en día con lluvia que en un día sin lluvia			

*Nota.* La tabla expone los 7 escenarios de política Modelos MNL y NL (Día Sin Lluvia y Día Con Lluvia), resaltando la sensibilidad que tiene para cada tipo de clima. Elaborado por el autor.

#### IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El conjunto de elección se conformó por los 8 modos de transporte contemplados (auto, moto, taxi, bus, tranvía, bici pública, bici privada y caminar), con funciones de utilidad lineales en todos los casos. Las variables explicativas de servicio de transporte relacionadas con atributos de los modos de transporte fueron: tiempo de viaje, tiempo de espera, costo de viaje, costo de estacionamiento y cuerdas caminadas; todas las variables se introdujeron con parámetros genéricos y, además, se incluyó una constante modal para cada una de las alternativas, salvo para la constante de la alternativa caminar que se tomó como referencia.

En la estimación se realizaron ocho modelos de elección discreta, de los cuales, las mejores especificaciones resultaron ser el modelo Logit Multinomial (LMN) y Logit Anidado, puesto que se encuentra evidencia de que la IIA (Independencia de Alternativas Irrelevantes) se mantiene dentro del nido de transporte privado, pero no entre nidos de forma que un modelo logit jerárquico con alternativas de transporte privado en un nido y las alternativas de transporte público en otro nido, es apropiado para representar esta situación<sup>15</sup>, las demás especificaciones se descartan pues a pesar de que el parámetro sigma en los modelos mixtos resultó ser significativo denotando presencia de heterogeneidad en las preferencias de los encuestados, los signos de los coeficientes de las variables de servicio de transporte resultaron ser contra intuitivos, ya que de acuerdo con el marco teórico planteado se considera correcto haber obtenido signos negativos en los coeficientes estimados para las variables referidas al tiempo y al costo, pues, *ceteris paribus*, un incremento en cualquiera de estas variables para un modo de transporte determinado, lo haría menos atractivo con respecto a los demás; también se descartaron modelos con datos de panel, pues no se encontró evidencia estadística de influencia de respuestas repetidas en las estimaciones.

Si bien en esta sección se presentan los resultados obtenidos de los modelos válidos Logit Multinomial (LMN) y Logit Anidado (NL), los resultados que mejor se ajustan a los datos obtenidos se consideran los reportados por el modelo (NL), debido a que relajan supuestos restrictivos del modelo (LMN) y dado que se encuentra evidencia significativa de correlación entre los modos de transporte privados (auto y moto); sin embargo, se presentan los resultados de los dos modelos para mostrar estas diferencias que surgen de distintas especificaciones.

<sup>15</sup> Estos modelos son los que mejor ajuste tuvieron a juzgar por sus coeficientes Rho\_square de 0,187 para MNL y 0,196 para el modelo anidado (NL-Nested Logit).



De la estimación de demanda se deriva, que para *un día sin lluvia* (ver, Tabla 6) el valor de los ahorros de tiempo de viaje estaría entre \$2,40/hora (MNL) y \$0,60/hora (NL); el valor de los ahorros de tiempo de espera fue \$1,80/hora (MNL y NL) y el valor de los ahorros por cuadra caminada estaría entre \$0,27/cuadra (MNL) y \$0,22/cuadra (NL), encontrando evidencia de que la disposición a pagar en promedio por reducir el tiempo de viaje en un día sin lluvia se ubicó en el rango de 12% (MNL) y 3% (NL) con respecto al salario mínimo de \$400 del año 2021, ya que el costo por desplazarse ascendería a \$ 48,00 USD/mes ( $\$2,40 \times 5 \text{ días laborables} \times 4 \text{ semanas}$ ) con el modelo MNL; mientras que según el modelo NL se encuentra que por cada minuto que se demora una persona para trasladarse ya sea a su lugar de trabajo o a su centro de estudios le cuesta \$0,01 ctvs. /min ( $\$0,03 \text{ ctvs./min}$  menos que el modelo MNL), y por hora \$ 0,60 USD/h dólares, lo que viene a ser el costo de oportunidad que le representa al trabajador o estudiante que de acuerdo a su nivel de ingreso le significara en términos monetarios \$ 12,00 USD/mes por desplazarse ( $\$0,60 \times 5 \text{ días laborables} \times 4 \text{ semanas}$ ). Por otra parte, para un *día con lluvia* el valor de los ahorros de tiempo de viaje estaría entre \$4,20/hora (MNL) y \$6,60/hora (NL); el valor de los ahorros de tiempo de espera estaría entre \$3,60/hora (MNL) y \$6,00 (NL) y el valor de los ahorros por cuadra caminada estaría entre \$0,59/cuadra (NL) y \$0,39/cuadra (MNL), encontrando evidencia de que la disposición a pagar en promedio por reducir el tiempo de viaje en un día con lluvia se ubicó en el rango de 33% (NL) y 21% (MNL) con respecto al salario mínimo de \$400 del año 2021; debido a que el costo ascendería a \$ 84,00 USD/mes (\$36 más que en un día sin lluvia) por desplazarse ( $\$4,20 \times 5 \text{ días laborables} \times 4 \text{ semanas}$ ); mientras que según el modelo NL se encuentra que para un día con lluvia por cada minuto que se demora una persona para trasladarse ya sea a su lugar de trabajo o a su centro de estudios de le cuesta \$0,11 ctvs. /min, y por hora \$ 6,60 USD/h dólares (\$6,00 más que un día sin lluvia), lo que viene a ser el costo de oportunidad en términos monetarios de \$ 132,00 USD/mes (\$120 más que en un día sin lluvia) por desplazarse ( $\$6,60 \times 5 \text{ días laborables} \times 4 \text{ semanas}$ ).

El estudio de comparación más reciente a nivel local es el realizado por (Zurita Moreano, González Bautista, & Rivera Poma, 2017) para Riobamba, quienes establecen que por cada minuto que se demora el jefe/a de hogar en trasladarse desde su hogar al lugar de trabajo le cuesta \$0,06 ctvs. /min, y por hora \$ 3,60 USD/hora, similares a los valores presentados aquí para un día típico sin lluvia para el modelo (MNL) \$2,40/hora, el cual es \$1,20/hora menor (0,02 ctvs./min menor), pero diferente del estimado por el modelo (NL) el cual es \$3,00 menor (0,05 ctvs./min menor). De igual manera en un estudio para la ciudad de Córdoba- Argentina con experimentos con encuestas de



preferencias declaradas y modelos logit multinomial, logit multinomial mixto con efectos de panel para respuestas repetidas y logit anidado (Pompilio Sartori, 2013) encuentra que el valor del tiempo de viaje oscila entre \$7,62/hora y \$20,55/hora (entre \$5,22/hora y \$18,15 se valora más el tiempo de viaje en un día típico en Córdoba-Argentina con respecto a Cuenca-Ecuador), el valor del tiempo de espera oscila entre \$9,01/hora y \$11,74/hora (entre \$7,21/hora y \$9,94 se valora más el tiempo de espera en un día típico en Córdoba-Argentina con respecto a Cuenca-Ecuador) y la valoración subjetiva de los ahorros de cuadras caminadas en origen o destino es de \$1,29 por cuadra (\$1,02 se valora más las cuadras caminadas en un día típico en Córdoba-Argentina con respecto a Cuenca-Ecuador); resultados similares reporta (Romano, 2019) quien estima que la valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje, medida en términos del costo de viaje, es de \$0,204 y \$1.86 por minuto; la valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de espera es de \$0,91 y \$0,93 por minuto y la valoración subjetiva de los ahorros de cuadras caminadas en origen o destino es de \$3,76 y \$3,63 por cuadra, sin y con datos de panel respectivamente. Estas estimaciones resultan de utilidad, ya que en la mayoría de los proyectos de transporte los ahorros de tiempo de viaje constituyen la fuente principal de beneficios sociales (Hensher D. , 1989), el cuál **es** determinante en los resultados de la evaluación (Mackie, Jara-Díaz, & Fowkes, 2001), ya que modelos de demanda de transporte que realizan sus predicciones en función a variables observables como el precio (Volonté, 2018; Montalvo, 2015; Pompilio Sartori, 2001) y **no valoran ciertos elementos que no tienen un mercado claro de referencia** (como el tiempo de viaje, tiempo de espera y cuadras caminadas) y, por tanto, no disponen de un “precio” que pueda ser utilizado en la evaluación, podrían mostrar sesgos importantes.

Finalmente, se encuentra evidencia de que, en un día sin lluvia, los hogares que en promedio al mes tienen ingresos altos, entre \$1001-\$3000 o más, valoran entre 83% y 91% más su tiempo de viaje; entre 40% y 53% más su tiempo de espera y entre 10% y 43% más sus cuadras caminadas en un día sin lluvia y con lluvia respectivamente. Además, al comparar los cálculos de las valoraciones subjetivas obtenidos con las diferentes especificaciones, MNL (Tabla 8) y NL (Tabla 9) para un día sin lluvia, las valoraciones subjetivas calculadas resultaron menores al considerar la estructura jerárquica de decisión de modos de transporte, en estratos de ingresos bajos (menos de \$400 y hasta \$800 mensuales), lo cual indica sobrevaloración del modelo MNL (excepto el estrato 2 donde se valora menos el tiempo de espera); mientras que estratos de ingresos medios y altos ( \$801 a más de \$3000 mensuales) existe subvaloración de atributos de nivel de servicio del modelo MNL con excepción del estrato 4 de ingresos donde se valora más el tiempo de viaje; esto puede deberse a que el modelo MNL no





toma en cuenta la correlación significativa tanto para un día sin lluvia (NEST\_priv = 2,87), como para un día con lluvia (NEST\_priv = 3,05) que hay entre modos de transporte privado (auto y moto); la misma explicación se podría dar a la diferencia en la valoración de las variables de nivel de servicio de transporte en un día con lluvia MNL (Tabla 10) y NL (Tabla 11).

Por lo tanto, se puede ver que en los modelos MNL y NL existe mayor valoración por las cuadras caminadas en origen y destino, en segundo lugar, se valora el tiempo de viaje y en tercer lugar se valora el tiempo de espera  $\frac{Bcc}{Bcv} > \frac{Btv}{Bcv} > \frac{Bte}{Bcv}$ ; evidenciando que los habitantes de la ciudad de Cuenca presentan una gran valoración por las cuadras caminada en origen y destino, *lo que indica que un buen diseño de la red de recorridos de buses urbanos y tranvía, disminuyendo las cuadras caminadas sería muy valorado e incentivaría el uso de modos de transporte público.* En la evidencia internacional, se encuentra que el valor de los ahorros de tiempo de espera es de 2 o más veces el valor de los ahorros de tiempo de viaje habiendo estudios en los que se ha estimado el valor de los ahorros de tiempo de espera como 4 veces el valor de los ahorros de tiempo de viaje (Wardman M. , 2004). Sin embargo, los resultados para la Ciudad de Cuenca son similares a los encontrados en (Sartori J. J., 2013; Romano, 2019), en esta investigación estos resultados podrían estar relacionados a la existencia de mayor utilidad del tiempo de espera con actividades productivas como leer, escuchar música o comunicarse por celular en la parada del bus (Marconetti, 2012), a la percepción de la existencia de tiempos de espera superiores a los incluidos en el diseño del experimento, unido a los altos niveles de congestión vehicular en horas pico y a la inexistencia de medidas de planificación del tránsito que aseguren la regularidad de la operación de los sistemas de transporte público (bus); o a un rango de variación estrecho del atributo “tiempo de espera” en el diseño del experimento de elección, situación que podrá corroborarse en futuras investigaciones, o un tamaño muestral que resultó insuficiente a los fines de representar adecuadamente a toda la población bajo estudio.

De los resultados se evidencia que en un día con lluvia las personas valoran más tanto su tiempo de viaje, tiempo de espera y cuadras caminadas en \$0,03/min; \$0,03/min y \$0,12/min adicionales respectivamente con el modelo MNL; mientras que con el modelo NL estas diferencias son dos veces mayores aumentando a \$0,10/min; \$0,07/min y \$0,37/min adicionales respectivamente (Véase, Tabla 7), quedando evidenciado que el cálculo de las valoraciones subjetivas de los ahorros de tiempos de viaje, espera y cuadras caminadas resultan sensibles a la especificación del modelo econométrico estimado y que las variaciones del tiempo meteorológico influyen





significativamente en las decisiones y valoración de las variables de servicio del transporte.

Con el objeto de considerar los distintos efectos cruzados entre los atributos que caracterizan a los distintos modos de transporte, situación muy difícil de conseguir por medio de la observación directa de las elecciones de los individuos, se calcularon elasticidades de modos de transporte en 7 escenarios de política con sus respectivas variaciones de probabilidad, variaciones porcentuales y absolutas.

En la Tabla 12, se pueden observar las distintas elasticidades que miden el grado de sensibilidad de la demanda de modos de transporte ante una variación de +10% en las variables de servicio como son: el costo de viaje en bus, su demanda se reduciría entre -6,88%(NL) y -8,26% (MNL) (Escenario 1); el costo de estacionamiento del auto, su demanda se reduciría entre -4,16% (NL) y -6,72% (MNL) (Escenario 2); el tiempo de viaje de bus, su demanda se reduciría entre -2,79% (NL) y -4,71% (MNL) (Escenario 3); el tiempo de espera de bus, su demanda declinaría entre -1,10% (NL) y -3,66% (MNL) (Escenario 4); el precio del tranvía, su demanda declinaría entre -7,20% (NL) y -8,48%(MNL) (Escenario 5); en el escenario 6 con mejora en tiempo de espera del bus y aumento en el costo de viaje de la moto, la demanda de moto se mitigaría entre -4,23% (NL) y -4,61% (MNL) y el uso de bus se incrementaría entre 2,12% (MNL) y 1,67% (NL) provocando un aumento relativamente más alto en el uso de la bicicleta privada (+0,15%) y una reducción mayor de la demanda de taxi (-0,07%), tranvía (-0,05%); y caminar (-0,03%) (MNL); mientras que con la especificación (NL) se encontró un aumento mayor de la demanda de auto (+0,48%) y una sensibilidad menor de la bicicleta pública con un aumento de (+0,05%). Finalmente, en el escenario 7 de aumento en el costo de viaje de auto como un impuesto al rodaje adicional y una disminución en el costo de viaje de la bici pública, traería consigo una reducción de la demanda de auto entre -4,73% (MNL) y -6,06% (NL) y un incremento en el uso de bici pública entre 3,18% (MNL) Y 3,53% (NL) provocando un aumento de preferencia por caminar (+0,90%) y en el uso de moto (+0,86%) y una reducción del uso de bicicleta privada en (-0,13%) (MNL); mientras que con la especificación (NL) se encontró un aumento mayor en el uso de moto (+2,61%) y menor sensibilidad en el uso de bus y tranvía, pues estos aumentan en (+1,05%) y (+1,06%), respectivamente.

De la misma forma en un día con lluvia, se puede observar que ante una variación de +10% en las variables de servicio como son: el costo de viaje de autobús, su demanda se reduciría entre -5,92% (NL) y -7,90% (MNL) (Escenario 1); el precio de estacionamiento del auto, declinaría su demanda entre -6,80%(NL) y -7,711% (MNL) (Escenario 2); el tiempo de viaje bus, minoraría su uso entre -6,09% (MNL) y -7,82% (NL) (Escenario 3); el tiempo de espera de bus, disminuiría su demanda entre -6,38%



(MNL) y -7,54% (NL) (Escenario 4); el precio del tranvía, declinaría su demanda entre -5,61% (NL) y -7,70% (MNL) (Escenario 5). En el escenario 6 una mejora en tiempo de espera del bus y aumento en el costo de viaje de la moto, permitiría reducir la demanda de moto entre -5,26% (MNL) y -6,08% (NL), aumentando el uso de bus entre 3,42% (MNL) y 4,13% (NL) provocando una reducción de la demanda de taxi (-0,69%), tranvía (-0,67%); bicicleta pública (-0,48%) y auto (-0,35%) (MNL); mientras que con la especificación (NL) se encontró un aumento mayor de la demanda de auto (+0,49%) y una reducción en el uso de bus de (-0,52%) y de la bicicleta pública de (-0,51%). Finalmente, en el escenario 7 un aumento en el costo de viaje de auto como un impuesto al rodaje adicional y una disminución en el costo de viaje de la bici pública, provocaría una disminución en la demanda de auto entre -4,87% (MNL) y -5,67% (NL) y un aumento en el uso de bici pública entre 2,83% (NL) y 3,19% (MNL) teniendo efectos derivados como un aumento en el uso de la moto de un (+1,56%) y un aumento relativamente menor en el uso de bus (+0,92%) y tranvía (+0,93%) (MNL); mientras que con la especificación (NL) se encontró un aumento mayor en el uso de moto (+3,61%) y aumento relativamente menor en el uso de bicicleta privada y caminar (+0,48%). La mayoría de las elasticidades de demanda que se encontraron en los escenarios de política son todas menores en este modelo anidado (NL) excepto la elasticidad cruzada de la demanda de los distintos modos de transporte. Por lo tanto, el modelo anidado estaría magnificando los efectos de cambios en las variables de nivel de servicio de alguno de los dos modos pertenecientes al nido de transporte privado (auto y moto) sobre el otro modo que integra el nido, confirmando una mayor semejanza y sustituibilidad entre estos dos modos de transporte público tal como ocurre en investigaciones similares como la realizada por (Sartori J. J., Estimación de la demanda de viajes al trabajo utilizando modelos de elección de modo de transporte y de elección conjunta de modo transporte y tenencia de vehículo particular en la Ciudad de Córdoba - Argentina, 2013).

Encontrando que, la influencia de variables como: el precio de bus (Escenario 1); el tiempo de viaje de tranvía (Escenario 5) y la influencia combinada de variaciones en el costo de viaje del auto y costo de viaje de bicicleta pública en el modelo (NL) sobre su demanda es más sensible en un día con lluvia que en un día típico sin lluvia.

Posteriormente, estos pronósticos de cuota de mercado pueden utilizarse para pronosticar el número total de viajes que se realizarán en cada uno de los dos modos considerados y analizar la sostenibilidad económica de cada uno de los sistemas de transporte ante los cambios expuestos en las situaciones de política planteadas, tal como se realizan en investigaciones similares como las realizadas por (Sartori J. J., 2006; Sartori J. J., 2007; Liendro, 2013; Sartori J. J., 2013; Avila Rojas, 2014; Romano,



2019). Así, por ejemplo, podría suceder que un incremento en el costo de viaje del tranvía e un 10%, ceteris paribus, provoque una disminución sustancial de su demanda (Escenario 5 de la Tabla 12) que podría hacer no sostenible la explotación de este servicio dado que existen factores como la baja ocupación, la evasión de pasajes y la competencia directa de la línea 100 de bus que harán que el proyecto tenga más pérdidas por los costos de operación, inversión y mantenimiento (El Universo, 2021), aunque frente a esta situación se impulsaría modos de transporte sustentables y públicos como ir a pie, la bicicleta privada, ir en bus o taxi. También podrían prevenirse posibles aumentos de demanda que se generen como consecuencia de la aplicación de políticas, como en el caso del (Escenario 6 de la Tabla 12), como una reducción en el tiempo de espera que generaría un notable aumento de la demanda del servicio de bus cuyo pronóstico daría lugar a la planificación del aumento de la capacidad del sistema para hacer frente a la demanda esperada. En contraste si se aplican políticas como la representada en el (Escenario 1 de la Tabla 12) aumentando el costo de viaje de los buses, habría un efecto sustitución fuerte desde los buses hacia el tranvía; cuya política actualmente está en debate por dos razones; primero, por la exigencia de la Cámara de Transporte de recalcular una tarifa que cumpla con el equilibrio económico de su operación tal como reza la Ordenanza que Regula las Condiciones para el Mejoramiento de la Calidad del Servicio de Transporte Público de pasajeros de buses urbanos en el Cantón Cuenca y su Plan de Renovación (GAD Municipal Cuenca, 2018) y la segunda razón, tiene que ver con la falta de integración del sistema tranviario con los buses urbanos, ya que si no existen alimentadoras el tranvía no alcanza la meta de pasajeros. Empezó con 15.000 por día y la proyección es terminar este 2021 con más de 30.000. Es decir, aún 10.000 menos que la meta inicial, derivándose en un problema financiero. Al no contar con una operación tecnológica integral, los pasajes pagados en los buses y el tranvía no se pueden distribuir de manera equitativa. El plan inicial era tener una tarifa única de USD 0,35 para todo el sistema integrado de transporte en Cuenca. El mecanismo planteado era que un usuario pueda subirse en la línea alimentadora, por ejemplo, en Baños (sur de Cuenca), y pagar su pasaje con tarjeta. En ese momento se debitaría de la tarjeta los USD 0,30 para cancelar el bus y al subir al tranvía los USD 0,05 restantes. En cambio, cuando el viaje empieza en el tranvía, los USD 0,30 centavos se pagarían en este sistema y lo restante en el bus. Esto ocasiona que, si un usuario empieza el recorrido en el bus, la tarifa completa se queda en este sistema y el tranvía no recibe recursos. Lo mismo en el caso contrario (Primicias, 2021).

Además si se planifica reducir la movilidad en auto en la ciudad dado el incremento de 4,07% en la matriculación de vehículos privados desde 2007 al 2020



según datos de la EMOV EP (2020), se podría proponer la aplicación del (Escenario 2 de la Tabla 12) con un aumento en el costo de estacionamiento en un 1,5% lo cual reduciría su cuota de mercado de 19,01% a 18.88% (MNL); 20,39% a 20,30% (NL); lo cual representaría una reducción en promedio de 14.114 a 14.020 viajes (MNL); de 15.136 a 115.073 viajes (NL) en un día sin lluvia; y de 19,02% a 18.89% (MNL); 15,91% a 15.80% (NL); con una reducción en promedio de 14.125 a 14.024 (MNL); de 11.809 a 11.729 viajes en un día con lluvia; o un aumento del costo de viaje del vehículo (impuesto al rodaje), conjuntamente con una disminución del costo de viaje de la bici pública como sugiere el (Escenario 7 de la Tabla 12) que reduciría su cuota de mercado del auto de 19,01% a 18.92% (MNL); 20,39% a 20,26% (NL); lo que en promedio significaría una reducción de 14.114 a 14.048 viajes (MNL); de 15.136 a 115.045 viajes (NL) en un día sin lluvia; y de 19,02% a 18.93% (MNL); 15,91% a 15.82% (NL), que en términos absolutos sería una reducción en promedio de 14.125 a 14.056 viajes (MNL); de 11.809 a 11.742 viajes (NL) en un día con lluvia; con un efecto positivo sobre la movilidad sostenible; pues el uso de la bici pública aumentaría del 10% al 10,03% (MNL); del 11,72% al 11,77% (NL); aumentando en promedio de 7.426 a 7.450 viajes (MNL); de 8.705 a 8.735 viajes (NL) en un día sin lluvia; y de 3,37% a 3,38% (MNL); aumentando en promedio de 2.501 a 2.511 viajes (MNL); de 7.589 a 7.610 viajes (NL) en un día con lluvia, tal como (Avila Rojas, 2014) propone.

## V. CONCLUSIONES

En este trabajo final de Maestría de Economía se realizó la estimación y pronóstico de demanda de transporte urbano para viajes al lugar de trabajo y/o al lugar de estudios en la ciudad de Cuenca, aplicando modelos logit multinomial (LMN), modelos logit multinomial mixto (LMNM) y Logit anidados (NL); para lo cual primero se enfatizó la diferencia entre la teoría tradicional que indica que la utilidad se deriva de los bienes en sí mismos, y el nuevo paradigma de elección que propone que la utilidad se deriva de las propiedades o de las características que poseen los bienes.

Se propuso como objetivo de estudio modelar la demanda de transporte urbano en Cuenca, para lo cual se presentó un análisis económico y econométrico teórico-aplicativo de los modelos LMN, LMNM con parámetros aleatorios y NL para la estimación de la demanda de modo de transporte en el contexto de los modelos de elección discreta.

Se obtuvo una muestra representativa de la población de usuarios, por medio de un muestreo por conglomerados proporcional, de diferentes modos de transporte de la ciudad de Cuenca (automóvil, moto, taxi, bus, tranvía, bici pública, bici privada y



caminar). Se realizó el diseño de encuesta de preferencias declaradas, en el contexto de experimentos D-eficientes con ayuda del software Ngene, a los usuarios de diferentes modos de transporte.

Se presenta estimaciones de modelos de elección discreta basados en una muestra de usuarios de transportes de la ciudad de Cuenca. Se presentan los resultados correspondientes a los viajes al trabajo y/o estudios. Se han estimado ocho modelos un modelo logit multinomial, un modelo logit multinomial mixto con distribución de tiempo de viaje normal y uniforme, un modelo anidado degenerado con cuatro nodos (privado, público, taxi y otros modos) incluyendo en las estimaciones datos de panel para respuestas repetidas de cada modelo con datos de preferencias declaradas.

De todas las especificaciones realizadas, las que mejor ajuste tuvieron fueron las de los modelos LMN y NL, las cuales se presentan con fines comparativos; sin embargo, tanto para realizar la valoración de los atributos de servicio de transporte, como para realizar pronósticos relacionados a la elección de modo de transporte de la ciudad de Cuenca se recomienda utilizar el modelo Logit Anidado (LN) ya que este relaja algunos de los supuestos restrictivos del modelo Logit Multinomial (MNL).

El trabajo presenta, además, pronósticos de la cuota de mercado del uso de los diferentes modos de transporte, la valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje, tiempo de espera y cuerdas caminadas en origen y destino al utilizar bus o tranvía, como así también las elasticidades de demanda de la elección de modo de transporte ante la aplicación de políticas asociadas a cambios en algunas variables de nivel de servicio de los diferentes modos de transporte.

Los días de lluvia (en especial en las horas pico) muchos usuarios del transporte público y los habituales motociclistas y ciclistas, demandan servicios de taxi, ya que no están dispuestos a esperar modos de transporte urbano como bus, bajo la lluvia o no tienen seguridad de su llegada. Su disposición a pagar por los servicios de transporte como taxi aumenta (Sartori J. P., 2006).

En la investigación se ha comprobado que un incremento de la tarifa del tranvía provocaría una disminución sustancial de su demanda que podría hacer no sostenible la explotación de este servicio, además una disminución en el tiempo de espera de bus generaría un notable aumento de su demanda cuyo pronóstico daría lugar a la planificación del aumento de la capacidad del sistema para hacer frente a la demanda esperada; de la misma forma si se aumentan el costo de viaje de los buses habría un efecto sustitución fuerte desde los buses hacia el tranvía; así mismo, aumentos en los costos de estacionamiento y costos de viaje como impuestos al rodaje para vehículos privados sumado a mejoras de variables de servicio como menores tiempos de viaje o



de espera de transporte público podría resultar eficiente para democratizar el espacio público y reducir la congestión, obteniendo de esta forma beneficios económicos sociales en la reducción del tiempo de viaje sabiendo que el costo de desplazamiento incide en la economía familiar, debido a que, el tiempo de desplazamiento desde el hogar al lugar de estudios o trabajo empleado para generar un mayor flujo de dinero a corto plazo podría ser considerado dentro del presupuesto familiar como un aligerante económico, vinculado a la necesidad de reducir las frecuencias de servicio de buses y adecuar la red vial en Cuenca en el modelo de demanda de transporte estimado. Para futuras investigaciones, se podría realizar estudios de oferta de transporte mediante métodos estocásticos proporcionales que asignen flujos basados en un algoritmo de reparto de viajes que lleguen a un nodo entre todos los nodos posibles de salida, esperando aproximarnos al principio de (Wardrop, 1952) donde bajo condiciones de congestión los conductores escogerán rutas hasta que ninguno pueda reducir sus costos cambiando de camino en busca de encontrar un equilibrio entre oferta y demanda de transporte público, teniendo en cuenta las restricciones relacionadas con el costo de recopilación de datos y la complejidad de cálculo que aumentan con las alternativas adicionales existentes o potenciales (vehículos eléctricos por ejemplo) y el tamaño de la población en estudio.

Se debe tener en cuenta también que, según la experiencia de otros estudios de demanda de transporte realizados con encuestas de preferencias declaradas, los modelos puros de preferencias declaradas pueden arrojar pronósticos no realistas en algunos casos. Para obtener mejores pronósticos en relación a las cuotas de mercado de los modos de transporte analizados deben estimarse estos modelos de demanda integrando datos de preferencias reveladas con datos de preferencias declaradas como los realizado por (Dissanayake & Morikawa, 2010; González Marrero, Budría, & Ramos, 2012), los cuales validan los resultados obtenidos por medio de preferencias declaradas (ex ante) con datos obtenidos con preferencias reveladas (ex post), contrarrestando la sensibilidad del decisor a cómo se le presenta la información (framing) y teniendo en cuenta que los agente tienen racionalidad limitada y están sometidos a vulnerabilidades cognitivas y sociológicas, intentando realizar actuaciones sobre factores presuntamente irrelevantes como variables de servicio de transporte que no poseen mercado, contribuyendo a realizar una mejor arquitectura de decisiones para “empujar” así sutilmente a los agentes apartándolos de los sesgos y disfunciones de naturaleza psicosocial (THALER, 2017). Sin embargo, se reconoce que los estudios de preferencias declaradas pueden utilizarse para obtener la valoración subjetiva de los atributos de los modos de transporte considerados y para analizar las preferencias en el contexto de análisis de escenarios como los aquí presentados.





## VI. REFERENCIAS

- Algers, Bergström, Dahlberg, , & Dillén, L. (1998). Mixed Logit Estimation of the Value of Travel Time. *ResearchGate*.
- Avila Rojas, H. B. (2014). Estimación de la demanda de viajes por estudio a la Ciudad Universitaria aplicando encuestas de preferencias declaradas. *Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Económicas*.
- Ben-Akiva, Moshe & Lerman, & Steven , R. (1985). Discrete Choice Analysis. Theory and Application to Travel Demand. *Cambridge, Massachusetts, The MIT Press*.
- Bianchi, R., Jara-Díaz, S. R., & Ortúzar, J. (1998). Modelling new pricing strategies for the Santiago Metro. *Transport Policy* 5, 223-232.
- Bliemer, M. C., & Rose, J. M. (August de 2006). Designing Stated Choice Experiments: State-of-the-art. *paper presented at the 11th International Conference on Travel Behaviour Research*. Kyoto, Japan.
- Bliemer, M. C., & Rose, J. M. (2008). Approximation of Bayesian Efficiency in Experimental Choice Designs. *Journal of Choice Modelling*, 1(1), 98-127.
- Bliemer, M. C., & Rose, J. M. (2009). Efficiency And Sample Size Requirements For Stated Choice Experiments. *Transportation Research Board Annual Meeting, Washington DC January*.
- Brownlee, K. A. (1957). The Principles of Experimental Design. *Industrial Quality Control* 13, 1-9.
- CEPAL. (2013). *Congestión de Tránsito. El Problema y como Enfrentarlo*. Santiago de Chile : Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
- ChoiceMetrics. (2018). Ngene 1.2 User Manual & Reference Guide. *The Cutting Edge in Experimental Dising*.
- CJ Bliemer , M., & Rose, J. (2005b). Efficiency and sample size requirements for Stated Choice Studies. *Institute of Transport Studies Working Paper, (ITLS-WP-05-08). The University of Sydney*.
- Consejo Cantonal de Cuenca. (marzo de 2018). *EMOV EP*. Obtenido de <https://www.emov.gob.ec/transparencia/ordenanza-que-regula-las-condiciones-para-el-mejoramiento-de-la-calidad-del-servicio-de-transporte-publico-de-pasajeros-de-buses-urbanos-en-el-canton-cuenca-y-su-plan-de-renovacion/>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Registro Oficial 449 de 20 de octubre de 2008*. Quito, Ecuador.
- D'Amore Riqueti, F. J. (2006). Visión de Desarrollo para el Cantón Cuenca: Análisis de los Recursos Humanos en el 2004. *Universidad del Azuay* .
- Dissanayake, D., & Morikawa, T. (2010). Investigating household vehicle ownership, mode choice and trip sharing decisions using a combined revealed preference/stated preference Nested Logit model: case study in Bangkok Metropolitan Region. *Journal of Transport Geography* 18(3):402-410.



- Domencich , T., & McFadden , D. L. (1975). Urban Travel Demand: A Behavioral Analysis . *North-Holland Amsterdam*.
- El Universo. (01 de marzo de 2021). *Tres factores ocasionan una baja sustentabilidad económica del tranvía en Cuenca*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/tres-factores-ocasionan-una-baja-sustentabilidad-economica-del-tranvia-en-cuenca-nota/>
- Espino, R., & Ortúzar Salas, J. (2004). Diseño de preferencias declaradas para analizar la demanda de viajes . *Estudios de Economía Aplicada*, vol. 22, núm. 3, 759-793.
- GAD Cuenca. (2015). *Plan de Movilidad y Espacios Públicos 2015 - 2025*. Cuenca.
- García, P. M. (2005). Una aproximación microeconómica a los determinantes de la elección del modo de transporte. *Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico versión On-line ISSN 2074-4706*.
- Gómez S, J. M. (2013). Políticas de transporte . *Escuela de Ingeniería de Antioquia* .
- González Marrero, R. M., Budría, E. M., & Ramos, A. E. (2012). CONTRASTE DE LAS PREFERENCIAS DECLARADAS CON PREFERENCIAS REVELADAS. EL CASO DE LOS ALUMNOS DE LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA ANTE LA IMPLANTACIÓN DEL TRANVÍA. *Metodología de Encuestas Volumen 14, 2012, ISSN: 1575-7803*, 65-80.
- Hensher, D. (1989). Behavioural and Resource Values of Travel Time Savings: a Bicentennial Update. *Australian Road Research* 19, 223-229.
- Hensher, D. A. (2001). The valuation of commuter travel time savings for car drivers: evaluating alternative model specifications. *Transportation*, 28(2), 101-118.
- Hensher, D., & Reyes, A. J. (2000). Trip chaining as a barrier to the propensity to use public transport. . *Transportation*, 27(4), 341-361.
- Hensher, D., Rose , J., & Greene, W. (2005). Applied Choice Analysis. A Primer. *Cambridge University Press. Cambridge. UK*.
- Hess, S., Bierlaire, M., & Polak, J. (2004). Estimation of value-of-time using Mixed Logit. *Technical report RO-040528*.
- Horowitz, J. L., Koppelman, F. S., & Lerman, S. R. (1986). A Self-Instructing Course in Disaggregate Mode Choice Modeling. . *Federal Transit Administration, U.S. Department of Transportation. Washington*.
- Huber , J., & Zwerina, K. (1996). The Importance of Utility Balance in Efficient Choice Designs. *Journal of Marketing Research* 33, 307-317.
- INEC. (2001). *Composición de hogares ecuatorianos 1990 - 2001*. Obtenido de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Estudios/Estudios\\_Socio-demograficos/Composicion\\_Hogares\\_Ecuatorianos\\_1990-2001.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Estudios/Estudios_Socio-demograficos/Composicion_Hogares_Ecuatorianos_1990-2001.pdf)
- INEC. (2010). *Promedio de Personas por Hogar a Nivel Cantonal*. Unidad de Procedimiento (UP) de la Dirección de Estudios Analíticos Estadísticos (DASAE).





- Kamakura, Wagner A. & Russell, & Gary, J. (1989). A probabilistic choice model for market segmentation and elasticity structure",. *Journal of Marketing Research*, Vol. 26, 379-390.
- Lancaster, K. (1966). A new approach to consumer theory. *Journal of Political Economy*, 74(2), 132-57.
- Liendro, N. (2013). Determinantes de la demanda de transporte: una comparación entre Salta y Posadas. *XLVIII Reunión Anual Asociación Argentina de Economía Política, Facultad de Ciencias Económicas y Estadística, Universidad Nacional de Rosario*.
- Louviere, J., Hensher, D., & Swait, J. (2000). Stated Choice Methods. Analysis and Application. *Cambridge University Press*., 264.
- Mackie, P. (2005). The London congestion charge: A tentative economic appraisal. -. *A comment on the paper by Prud'homme and Bocarejo. Transport Policy*, 12(3), 288-290.
- Mackie, P. J., Jara-Díaz, S., & Fowkes, A. S. (2001). The Value of Travel Time Savings in Evaluation. *Transportation Research*, 37: 91-106.
- Marconetti, D. (2012). El ómnibus se usaría más si fuera más rápido. *La voz del interior*.
- McFadden, D., & Train, K. (2000). Mixed MNL Models for Discrete Response. *Journal of Applied Econometrics*, 15(5), 447-470.
- Melo M, O. O., López, L. A., & Melo M., S. E. (2020). *Diseño de Experimentos. Métodos y Aplicaciones*. Bogotá, D. C., Colombia.
- Mendieta, J., & Perdomo, A. (2008). Fundamentos de economía del transporte: Teoría, metodología y análisis de política, Bogotá. *Editorial Uniandes*.
- Montalvo, J. (2015). Elasticidad-precio de la demanda del transporte público urbano: un análisis para los servicios de ómnibus y subterráneo de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. *Maestría en Economía. Universidad Nacional de La Plata*.
- Moreno Quintero, E. (2011). Métodos de elección discreta en la estimación de la demanda de transporte. *Secretaría de comunicaciones y transporte. Instituto mexicano del transporte*, 23-42.
- Morera, A., & González, M. (2005). El valor subjetivo del tiempo de viaje de los estudiantes universitarios cuando las preferencias son heterogéneas. *Hacienda Pública Española, Revista de Economía Pública*.
- Munizaga, M. A., & Álvarez-Daziano, R. (2001). Mixed Logit vs. Nested Logit and Probit Models. *5th tri-annual Invitational Choice Symposium Workshop: Hybrid Choice Models, Formulation and Practical Issues, Asilomar*.
- Olsen, G. D., & Swait, J. D. (1998). Nothing is important. *Working Paper, Faculty of Management University of Calgary*.
- Orro, A. (2005). Modelos de elección discreta en transportes con coeficientes aleatorios. *Tesis doctoral, Programa de Doctorado: Ingeniería Civil, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad de A Coruña, España, 2005*.



- Ortúzar, J., & Willumsen, L. (2001). *Modelling Transport*. 3a edición, John Wiley & Sons, Chichester.
- Ortúzar Salas, J. (1994). *Modelos de demanda de transporte*. Santiago: Universidad Católica de Chile.
- Ortúzar, J. d. (2000). *Modelos de demanda de transporte*. Alfaomega, Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Ortúzar, J. d., & Willumsen, L. (1995). *Modelling Transport*. Ed. Wiley. Second edition.
- Ortúzar, J., & Rizzi, L. I. (2001). Valuation of Road Fatalities: A Stated Preference Approach. *Hensher, David (Ed.), Travel Behaviour Research: The Leading Edge*, 825-839.
- Primicias. (2 de 3 de 2020). Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/lo-ultimo/concejo-cantonal-de-cuenca-fija-la-tarifa-del-tranvia/>
- Primicias. (11 de febrero de 2021). Tranvía de Cuenca: una pieza suelta que no consigue integrar a la ciudad. *Tras cinco meses de entrar en operaciones y siete años desde que empezó su construcción, Cuenca no ha logrado que el tranvía se convierta en un sistema de transporte integral y eficiente para la ciudad*. Cuenca, Ecuador.
- Romano, W. J. (2019). Estimación de la demanda de transporte urbano en la ciudad de Villa Carlos Paz y cálculo de valoraciones subjetivas, aplicando modelos de elección discreta con parámetros aleatorios. *Maestría en Dirección de Negocios 2019. Clasificación JEL: C35; D12; R41*.
- Ruud, P. (1996). Approximation and Simulation of the Multinomial Probit Model: An Analysis of Covariance Matrix Estimation. *Working Paper, Department of Economics, University of California, Berkeley*.
- Sándor, Z., & Wedel, M. (2001). Designing Conjoint Choice Experiments Using Managers Prior Beliefs. *Journal of Marketing Research* 38, 430-444.
- Sartori, J. J. (2006). Diseño de un experimento de preferencias declaradas para la elección de modo de transporte urbano de pasajeros. *Revista de Economía y Estadística, Cuarta Época, Vol. 44, No. 2*, 81-123.
- Sartori, J. J. (2001). Estimación de elasticidades de demanda para el transporte urbano de pasajeros de la ciudad de Córdoba (Argentina). *Departamento de Economía y Finanzas*.
- Sartori, J. J. (2007). Diseño de encuestas de preferencias declaradas para la estimación del valor de los ahorros de tiempo y el pronóstico de la demanda de servicios de transporte urbano de pasajeros. *Trabajo presentado a la XLI Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Política, Universidad Nacional de Salta*.
- Sartori, J. J. (2013). Estimación de la demanda de viajes al trabajo utilizando modelos de elección de modo de transporte y de elección conjunta de modo de transporte y tenencia de vehículo particular en la Ciudad de Córdoba - Argentina. *Tesis Doctoral*.

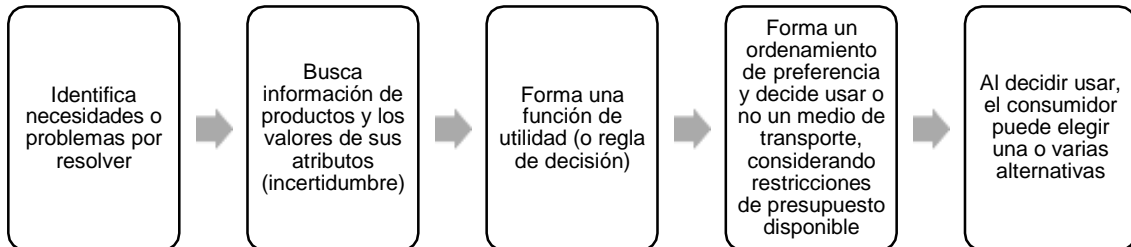


- Sartori, J. J., & Oviedo, J. M. (2011). Estimación de la valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje y espera en la Ciudad de Córdoba, Argentina. *Revista de Economía y Estadística - Vol. XLIX, N° 2*, 79-112.
- Sartori, J. J. (2006). Diseño de un experimento de preferencias declaradas para la elección de modo de transporte urbano de pasajeros. *REVISTA DE ECONOMÍA Y ESTADÍSTICA*, 108-111.
- Sartori, J. J. (2006). Regulación de los servicios de taxi y remis: una contribución al análisis de la problemática de la falta de servicios en días feriados y de lluvia en la Ciudad de Córdoba (Argentina). *Departamento de Economía y Finanzas con sede Universidad de Córdoba*, 37-39.
- THALER, R. H. (2017). RICHARD H. THALER Y LA ECONOMÍA CONDUCTUAL. *Real Academia de Ciencias sueca*.
- Thorhauge, M., Cherchi, E., & Rich, J. (2014). Building efficient stated choice design for departure time choices using the scheduling model: Theoretical considerations and practical implementations. *elektroniske tidsskrift*, 1-2.
- Train, K. (2003). Discrete Choice Methods with Simulation. *Cambridge University Press, UK*.
- Train, K. E. (2009). Discrete Choice Methods with Simulation, Second Edition. *Cambridge: Cambridge University Press*.
- Train, K., & McFadden, D. (1978). The Goods/Leisure Tradeoff and Disaggregate Work Trip Mode Choice Models,. *Transportation Research*, 12, 349-353.
- Volonté, C. B. (2018). Determinantes de la demanda de transporte público de pasajeros. Aplicación al caso de Bahía Blanca (Argentina). *Tesis de Magister en Economía. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR*.
- Wardman, M. (1998). The Value of Travel Time: A Review of British Evidence. *Journal of Transport Economics and Policy No. 32*, 285-316.
- Wardman, M. (2004). Public transport values of time. *Transport Policy vol. 11, issue 4*, 363-377.
- Wardrop, J. G. (1952). Some theoretical aspects of traffic research. *Road paper*, 325-362.
- Wittink, D., Krishnamuruthi, L., & Nutter, J. (1982). Comparing derived importance weights across attributes. *Journal of Consumer Research* 8, 471-474.
- Zurita Moreano, E., González Bautista, M., & Rivera Poma, M. (2017). El valor del tiempo en los desplazamientos al trabajo en el sector y su incidencia en la economía familiar del cantón Riobamba. *Boletín de Coyuntura, N°12; ISSN 2528-7931; UTA - Ecuador*, 4-6.

## ANEXOS

### Anexo A

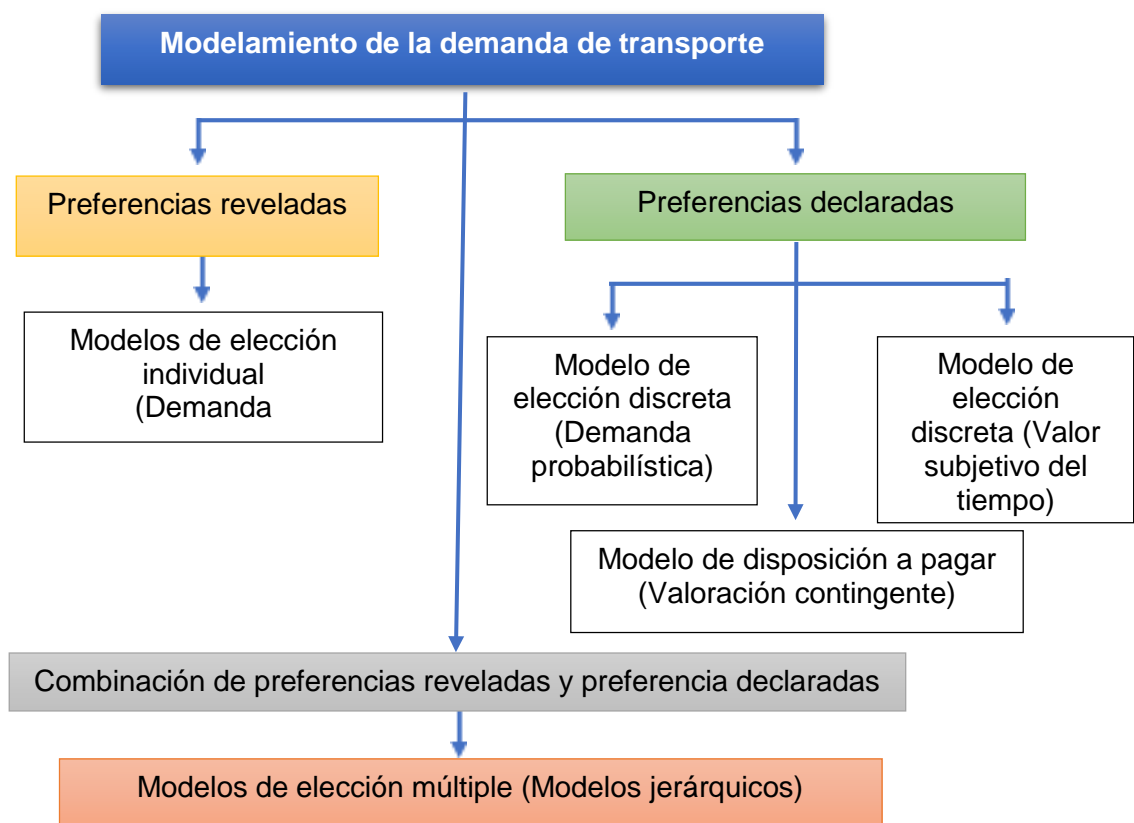
#### Proceso de elección del consumidor



*Nota.* El anexo muestra el proceso de elección del consumidor considerando cinco aspectos básicos. Fuente: Tomada de (Sartori J. J., 2013).

### Anexo B

#### Modelos de demanda de transporte



*Nota.* El anexo muestra los modelos de demanda de transporte clasificados en preferencias reveladas y declaradas. Fuente: tomado de (Mendieta & Perdomo, 2008).

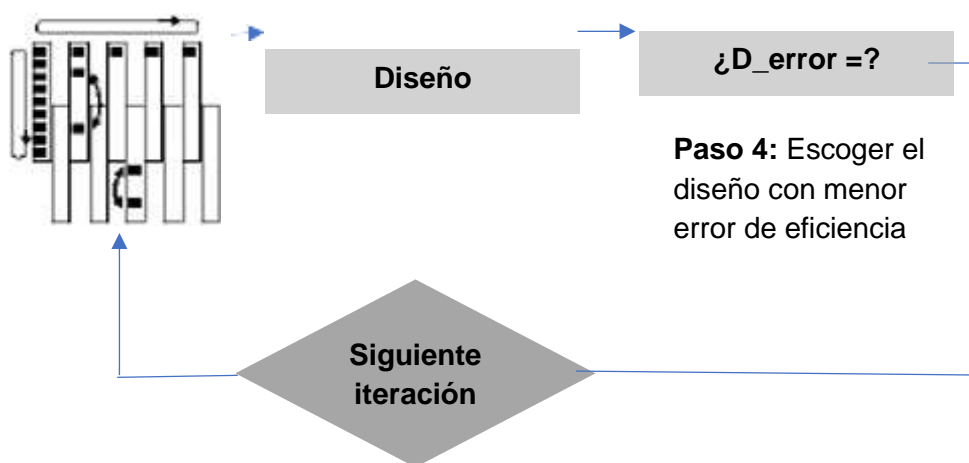
## Anexo C

*RSC Algorithm (Relabeling, Swapping and Cycling algorithm)*

**Paso 1:** Crear columnas para cada atributo

**Paso 2:** Crear el diseño combinando las columnas de todos los atributos

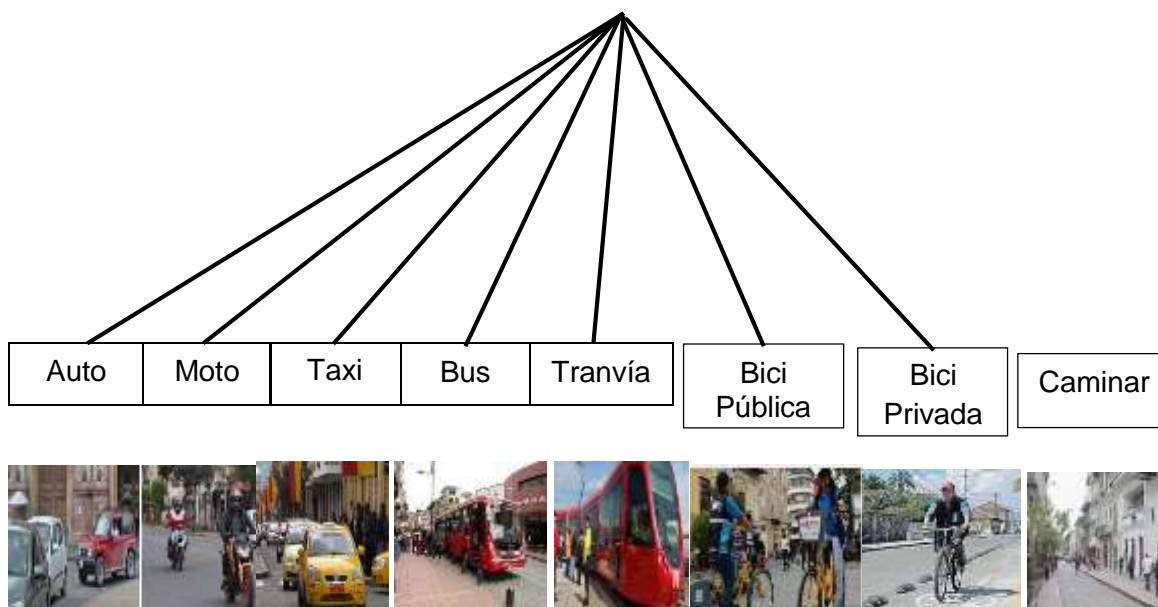
**Paso 3:** Calcular el error de eficiencia



*Nota.* Se muestra los algoritmos basados en columnas. Fuente: (Huber & Zwerina , 1996; Sándor & Wedel , 2001).

## Anexo D

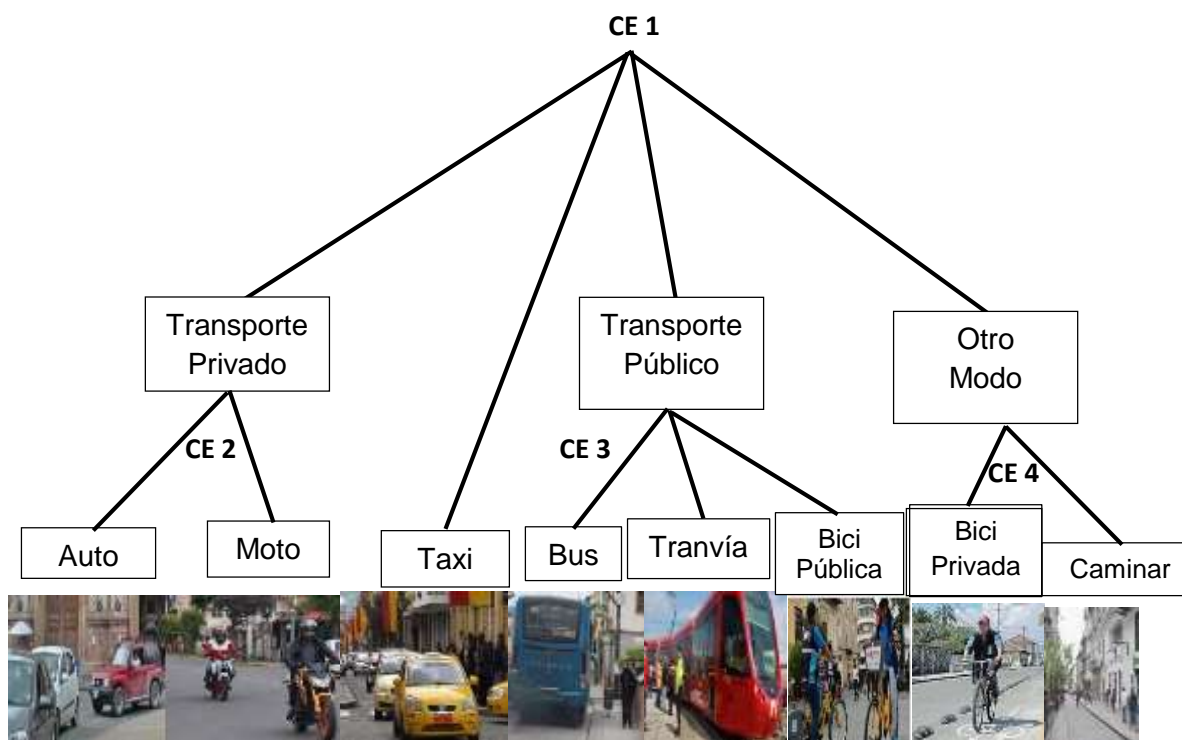
*Diagrama de árbol de la elección de modo de transporte para realizar viajes al trabajo – Modelo logit multinomial*



*Nota.* El anexo pone en evidencia los diferentes medios de transporte que utilizan las personas para viajar a su lugar de trabajo. Elaborado por el autor.

**Anexo E**

*Diagrama de árbol de la elección de modo de transporte para realizar viajes al trabajo o estudios– Modelo logit multinomial jerárquico*

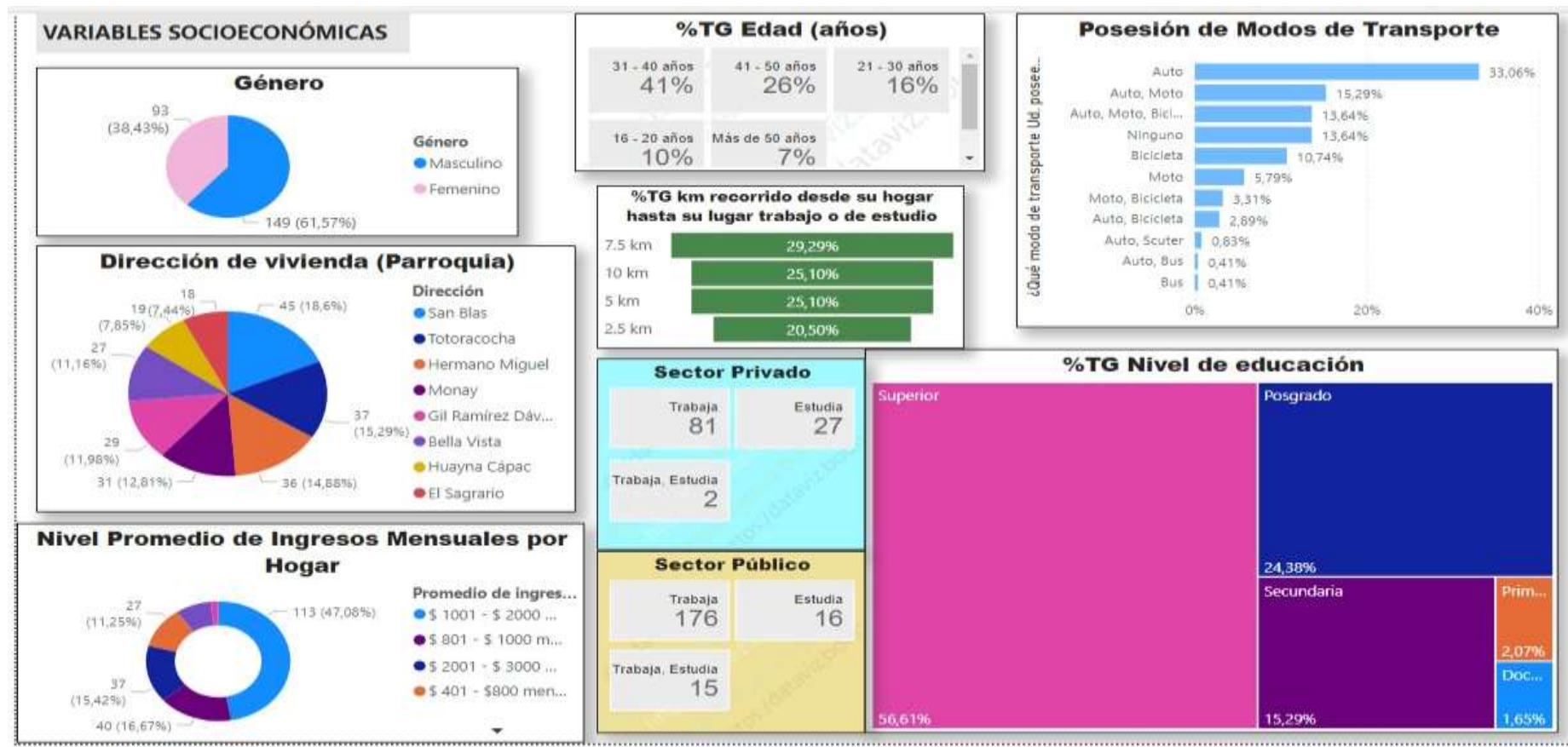


*Nota.* El anexo presenta la clasificación de los medios de transporte que utilizan las personas para viajar a su lugar de trabajo o estudiar, en base al modelo logit multinomial jerárquico. Elaborado por el autor.



## Anexo F

### Características socioeconómicas de la muestra



*Nota.* Se presenta los estadísticos descriptivos de las variables socioeconómicas de los hogares que fueron encuestados. Fuente: estudio de campo. Elaborado por el autor.

**Anexo G***Resultados de la prueba piloto, georreferenciación de hogares y sintaxis de Ngene*

<b>Nombre</b>	<b>Enlace</b>
<b>Sintaxis Ngene</b>	<a href="https://docs.google.com/document/d/10YqOasKPIKLKAxV1nO7N3xCaoH5kRS9ITEATNJXdj4/edit?usp=sharing">https://docs.google.com/document/d/10YqOasKPIKLKAxV1nO7N3xCaoH5kRS9ITEATNJXdj4/edit?usp=sharing</a>
<b>Resultados de prueba piloto</b>	<a href="https://docs.google.com/document/d/1Kfq8hLUcfLte8WDVJecCVrDF6qGgiQVA_a-mMcpXTRI/edit?usp=sharing">https://docs.google.com/document/d/1Kfq8hLUcfLte8WDVJecCVrDF6qGgiQVA_a-mMcpXTRI/edit?usp=sharing</a>
<b>Georreferenciación de hogares encuestados</b>	<a href="https://docs.google.com/document/d/1h6UwmpwD DKfR7hu6jeZ_zapxH1hP1VnJ64VvRtPJexO/edit?usp=sharing">https://docs.google.com/document/d/1h6UwmpwD DKfR7hu6jeZ_zapxH1hP1VnJ64VvRtPJexO/edit?usp=sharing</a>

*Nota.* El anexo pone a disposición los resultados completos del estudio, para mejor manejo de la información se detalla el enlace vinculado con Google Drive. Elaborado por el autor.

**Anexo H***Sintaxis de programas para las estimaciones realizadas con Biogeme*

<b>Modelo</b>	<b>Enlace</b>
<b><i>Día Sin Iluvia</i></b>	
Modelo logit multinomial de elección de modo de transporte, con coeficientes no aleatorios. (Día Sin Iluvia)	<a href="https://docs.google.com/document/d/1_VDf6RS-N7Alc511DBxf-v7jPlhwlrhqUf9VgSP1ivw/edit?usp=sharing">https://docs.google.com/document/d/1_VDf6RS-N7Alc511DBxf-v7jPlhwlrhqUf9VgSP1ivw/edit?usp=sharing</a>
Modelo logit multinomial de elección de modo de transporte datos de panel (Día Sin Iluvia)	<a href="https://docs.google.com/document/d/1xqJeKdvMfaU_LN9eSg8rk7ZpSt3IT0cUI8O75RhHBos/edit?usp=sharing">https://docs.google.com/document/d/1xqJeKdvMfaU_LN9eSg8rk7ZpSt3IT0cUI8O75RhHBos/edit?usp=sharing</a>
Modelo logit multinomial mixto de elección de modo de transporte, con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución uniforme. (Día Sin Iluvia)	<a href="https://docs.google.com/document/d/1gNmjmLr4Uv0kPeIWDPKqtWcfX_uO4IrLuqBOxwv02Gg/edit?usp=sharing">https://docs.google.com/document/d/1gNmjmLr4Uv0kPeIWDPKqtWcfX_uO4IrLuqBOxwv02Gg/edit?usp=sharing</a>
Modelo logit multinomial mixto de elección de modo de transporte, con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución normal. (Día Sin Iluvia)	<a href="https://docs.google.com/document/d/1hcqzplmD5A7iwZDeen4Yzw6w7wvyAMYIZTH5GSKvpl0/edit?usp=sharing">https://docs.google.com/document/d/1hcqzplmD5A7iwZDeen4Yzw6w7wvyAMYIZTH5GSKvpl0/edit?usp=sharing</a>





Modelo logit multinomial mixto de elección de modo de transporte, con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución uniforme y datos de panel. (Día Sin lluvia)

[https://docs.google.com/document/d/1382GGO0\\_4c1NvJa0nP048wc6\\_0ZZ5wYiBWclYKh2Zc/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/1382GGO0_4c1NvJa0nP048wc6_0ZZ5wYiBWclYKh2Zc/edit?usp=sharing)

Modelo logit multinomial mixto con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución normal y datos de panel. (Día Sin lluvia)

<https://docs.google.com/document/d/1hcqzplmD5A7iwZDeen4Yzw6w7wvyAMYIZTH5GSKvpI0/edit?usp=sharing>

Modelo logit Anidado (Día Sin lluvia)

[https://docs.google.com/document/d/1Rdt5ja-29bKG2ytGQYwH15S7M\\_yFGR\\_co1SFsi4fPcl/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/1Rdt5ja-29bKG2ytGQYwH15S7M_yFGR_co1SFsi4fPcl/edit?usp=sharing)

Modelo logit Anidado con datos de Panel (Día Sin lluvia)

<https://docs.google.com/document/d/16Koh0Bw3o0G3p9NjYBvCsOTfF2Ldp7VSkWQ5Z79X6DQ/edit?usp=sharing>

### ***Día Con lluvia***

Modelo logit multinomial de elección de modo de transporte, con coeficientes no aleatorios. (Día Con lluvia)

[https://docs.google.com/document/d/1IB0dBWTBaaa8zvtQpr-yT\\_V-cgEu\\_o-Et-YVnABfP4U/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/1IB0dBWTBaaa8zvtQpr-yT_V-cgEu_o-Et-YVnABfP4U/edit?usp=sharing)

Modelo logit multinomial de elección de modo de transporte datos de panel (Día Con lluvia)

<https://docs.google.com/document/d/1qwx2rTQdKANXdY1gXgRNqzt1oMts77yZmZny2m3y5A4/edit?usp=sharing>

Modelo logit multinomial mixto de elección de modo de transporte, con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución uniforme. (Día Con lluvia)

<https://docs.google.com/document/d/15gkw3JTxxqGHh-gcsBA0yXEdJpSL1mWK2VTbqgtFDJNU/edit?usp=sharing>

Modelo logit multinomial mixto de elección de modo de transporte, con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución normal. (Día Con lluvia)

<https://docs.google.com/document/d/1JWQ3KFICZIMX14yir7yUa-p1oRPkLzG6aBUqLU1vIQs/edit?usp=sharing>

Modelo logit multinomial mixto de elección de modo de transporte, con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución uniforme y datos de panel. (Día Con lluvia)

[https://docs.google.com/document/d/1ulvghNiuz3zWIPDggHPRI-PrFboVfIQI0Ytlk\\_DI8zq/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/1ulvghNiuz3zWIPDggHPRI-PrFboVfIQI0Ytlk_DI8zq/edit?usp=sharing)

Modelo logit multinomial mixto con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución normal y datos de panel. (Día Con lluvia)

<https://docs.google.com/document/d/1R7CM376i5nWW3X2HuH4DbD7Mq9csBsQ3ah9douJAY7M/edit?usp=sharing>

Modelo logit Anidado (Día Con lluvia)

[https://docs.google.com/document/d/1E7ZnEkFd1tMNqTzJ9wozy\\_ugr3Ofa91t\\_85iHh24OwE/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/1E7ZnEkFd1tMNqTzJ9wozy_ugr3Ofa91t_85iHh24OwE/edit?usp=sharing)



---

Modelo logit Anidado con datos de Panel  
(Día Con lluvia)

[https://docs.google.com/document/d/1xfPr1aLJoecNKcZDVtmwkPFpZ0VqMcH\\_Fgbj-HBSOo/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/1xfPr1aLJoecNKcZDVtmwkPFpZ0VqMcH_Fgbj-HBSOo/edit?usp=sharing)

---

*Nota.* El anexo pone a disposición los resultados completos del estudio, destacando los modelos realizados en el escenario con y sin lluvia, para mejor manejo de la información se detalla el enlace vinculado con Google Drive. Elaborado por el autor.

### **Anexo I**

*Resultados de los modelos y escenarios MNL y NL para un día sin y con lluvia*

---

<b>Nombre</b>	<b>Enlace</b>
<b>Resultados de los modelos</b>	<a href="https://docs.google.com/document/d/1mAlyZnXmbDbh1UNyj0PHUxa8VurtO6osHcTXzV3yYLS/edit?usp=sharing">https://docs.google.com/document/d/1mAlyZnXmbDbh1UNyj0PHUxa8VurtO6osHcTXzV3yYLS/edit?usp=sharing</a>
<b>Resultados de los escenarios de modelos MNL y NL para un día sin y con lluvia</b>	<a href="https://docs.google.com/document/d/1yHxOtaYz7bDJB498d8v3ni9Lzb9TuZMSoZN_EJwtyBA/edit?usp=sharing">https://docs.google.com/document/d/1yHxOtaYz7bDJB498d8v3ni9Lzb9TuZMSoZN_EJwtyBA/edit?usp=sharing</a>

---

*Nota.* El anexo pone a disposición los resultados completos del estudio, para mejor manejo de la información se detalla el enlace vinculado con Google Drive. Elaborado por el autor.